

**Observatorio de Drogas
ilícitas y Armas - ODA**

**Serie Documentos
de Investigación**

ISSN: 2027-615X

NÚMERO 2

Reflexiones del poder nuclear en el siglo XXI

ROCÍO ROBAYO LEÓN
GERMÁN ALBERTO SAHID GARNICA
JESÚS ERNESTO VILLAREAL SILVA

Compilador: Viviana Manrique Zuluaga



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



Reflexiones del poder nuclear en el siglo XXI

Serie Documentos de Investigación
Observatorio de Drogas ilícitas y Armas – ODA. No. 2



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
EDITORIAL UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
BOGOTÁ, D.C.
2014

Robayo León, Rocío

Reflexiones del poder nuclear en el siglo XXI / Rocío Robayo León, Germán Alberto Sahid Garnica, Jesús Ernesto Villarreal Silva. – Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, Facultad de Ciencia Política y Gobierno, y de Relaciones Internacionales, 2014.

56 p. -- (Serie Documentos de Investigación, Observatorio de Drogas Ilícitas y Armas; ODA No.2)

ISSN: 2027-615X

Energía nuclear / Recursos energéticos / Política energética / Industrias nucleares / Medio ambiente / I. Universidad del Rosario, Facultad de Ciencia Política y Gobierno, y de Relaciones Internacionales / II. Sahid Garnica, Germán Alberto / III. Villarreal Silva, Jesús Ernesto / IV. Título / V. Serie

333.7924 SCDD 20

Catalogación en la fuente – Universidad del Rosario. Biblioteca

amv

Abril 08 de 2014

Reflexiones del poder nuclear en el siglo XXI

Rocío Robayo León

Germán Alberto Sahid Garnica

Jesús Ernesto Villarreal Silva

Compilador: Viviana Manrique Zuluaga

Especial Agradecimiento al gobierno del Reino de Noruega por apoyar el proyecto de investigación en asuntos nucleares y esta publicación.

Rocío Robayo León, Germán Alberto Sahid Garnica y Ernesto Villarreal Silva

Viviana Manrique Zuluaga
Revisión y Corrección

Editorial Universidad del Rosario
Facultades de Ciencia Política y Gobierno,
y de Relaciones Internacionales.

ISSN: 2027-615X

Gustavo Patiño Díaz
Corrección de estilo

Fredy Johan Espitia Ballesteros
Diagramación

* Las opiniones de los artículos sólo comprometen a los autores y en ningún caso a la Universidad del Rosario. No se permite la reproducción total ni parcial sin la autorización de los autores.
Todos los derechos reservados

Primera edición: Mayo de 2014
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y Digital
Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Contenido

1. Introducción.....	7
2. Nuevas alianzas, viejas aspiraciones. Cambios en el panorama nuclear suramericano.....	9
2.1. Introducción.....	9
2.2. Antecedentes de los programas nucleares en Suramérica	12
2.3. Los años noventa: ¿transición hacia un mundo más pacífico?	16
2.4. Nuevos acuerdos y reactivación de los programas nucleares	18
2.5. El caso venezolano	25
2.6. Participación de actores no estatales.....	30
2.7. Conclusiones	33
Obras citadas	36
3. La nucleoelectricidad como fuente de energía para el futuro	39
3.1. Introducción.....	39
3.2. Estado actual de la generación nucleoelectrica.....	40
3.3. El futuro de la nucleoelectricidad	46
3.4. Proyección del crecimiento de la nucleoelectricidad	48
3.5. Desarrollo nucleoelectrico en América Latina.....	50
3.6. Pequeños y medianos reactores para generación eléctrica	53
3.7. Colombia y la nucleoelectricidad	54
Obras citadas	56

Reflexiones del poder nuclear en el siglo XXI

1. Introducción

Cuando nos referimos a asuntos nucleares, el ciudadano común piensa en armas, misiles y bombas atómicas, es decir, en amenazas violentas a la vida humana. Sin embargo, desde la década de 1970, con el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), existe la distinción entre países nucleares y no nucleares. Así mismo, el concepto de “uso pacífico de energía nuclear” que ha hecho que se vinculen no solo los Estados que suscribieron el TNP, sino también el sector privado y la academia, convirtiendo así el tema nuclear en un asunto de discusión y debate general.

Colombia no es una potencia nuclear, pero ello no significa que nos aislemos al respecto. La investigación en asuntos nucleares para el desarrollo es una realidad en nuestro país, donde la tendencia actual está dirigida a que las autoridades públicas, la academia y el sector privado profundicen cada vez más en el uso pacífico y alternativo de las fuentes nucleares. Si bien nuestra Policía Nacional ha trabajado en el tema y nuestras empresas han comenzado a incursionar en usos alternativos, es fundamental el papel de la academia para poder actualizar el estado del arte, las tendencias, los conceptos, las amenazas, las ventajas y las desventajas de la energía nuclear.

En este orden de ideas, el Observatorio de Drogas Ilícitas y Armas (ODA), de las Facultades de Ciencia Política y Gobierno, y de Relaciones Internacionales de la Universidad del Rosario, inició un proyecto de investigación con el apoyo del gobierno del Reino de Noruega desde 2012. De ahí surgió el Proyecto Latinoamericano de Asuntos Nucleares (PLAN), que ha sido un espacio para la discusión de estos temas, mediante un proceso de sensibilización sobre la importancia de los asuntos nucleares con el fin de investigar, actualizar y trabajar de manera conjunta entre todos los sectores. En este

mismo sentido, el PLAN ha logrado alianzas, redes y convenios con diferentes centros de investigación en América Latina, lo que ha generado conocimiento sobre el debate actual y transferencia de conocimiento.

Conscientes de estas realidades, presentamos este documento de investigación que hemos titulado *Reflexiones sobre el poder nuclear para el siglo XXI*. El primer artículo, titulado “Nuevas alianzas, viejas aspiraciones. Cambios en el panorama nuclear suramericano”, hace un recorrido conceptual de términos esenciales en materia nuclear, como *proliferación nuclear*, *uso pacífico de la energía nuclear*, *potencias nucleares* y *países no nucleares*; por otro lado, presenta los principales antecedentes y desarrollo de los programas nucleares de la región, destacando los nuevos acuerdos y la reactivación de los programas nucleares en la primera década del siglo XXI.

El segundo artículo, “La nucleoelectricidad como fuente de energía para el futuro”, muestra las tendencias del uso de energía nuclear para proveer electricidad. Aunque ha sido utilizada por más de 50 años, esta energía ha seguido evolucionando, ofreciendo generación eléctrica y eficiente como una alternativa en la que deben profundizar cada vez más los países en desarrollo, dadas las carencias de energía eléctrica en diferentes zonas. El texto muestra el desarrollo de la *nucleoelectricidad* en el mundo y hace hincapié en América Latina, al pensar en fuentes nucleares como una alternativa para generar electricidad en zonas deprimidas.

En resumen, esta obra busca mostrar los principales conceptos y los debates actuales en materia de nuevas dinámicas de generación de electricidad, desarrolla la experiencia de América del Sur como caso de estudio en estas materias y demuestra que la temática nuclear debe concebirse de una manera más amplia, enfocada al desarrollo de los países donde la discusión implica tensiones no solo en materia de seguridad, sino también en áreas económicas y de calidad de vida.

Esperamos que esta primera publicación del proyecto PLAN brinde al lector algunas herramientas básicas para comprender los elementos que componen la discusión actual sobre el poder nuclear para el siglo XXI.

Viviana Manrique Zuluaga
Directora Proyecto Latinoamericano
de Asuntos Nucleares (PLAN)

2. Nuevas alianzas, viejas aspiraciones

Cambios en el panorama nuclear suramericano

Rocío Robayo León *

Germán Alberto Sahid Garnica **

2.1. Introducción

Suramérica nunca ha sido una zona particularmente peligrosa en materia de proliferación nuclear. Fuera de la rivalidad entre Estados Unidos y la Unión Soviética, la tensión internacional al respecto se centró básicamente en el oriente de Asia durante la segunda mitad del siglo XX, debido a las explosiones y ensayos realizados por los gobiernos de la India y Pakistán y al ambicioso programa nuclear de Corea del Norte, que la llevó a retirarse definitivamente del Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP)¹.

Los costos económicos asociados al desarrollo de programas nucleares, el atraso tecnológico, la alianza de la mayoría de Estados latinoamericanos con Estados Unidos en el contexto de la Guerra Fría, además de otros factores relacionados con las percepciones de seguridad y asuntos políticos internos, hicieron que gran parte de la región no viera como una prioridad avanzar en la generación de energía atómica, ya fuera con fines pacíficos o no. Sin embargo, los casos de Argentina y Brasil son distintos, como se verá más adelante.

* Egresada de la Facultad de Relaciones Internacionales de la Universidad del Rosario. Se ha desempeñado como joven investigadora del Centro de Estudios Políticos Internacionales (CEPI) y como profesora de las cátedras Brasil en la América del Siglo XXI y Teorías de las Relaciones Internacionales, en la Universidad del Rosario y la Universidad Sergio Arboleda, respectivamente. Actualmente, se encuentra terminando sus estudios de maestría en el Instituto de Altos Estudios para el Desarrollo de la Academia Diplomática de San Carlos y la Universidad Externado de Colombia. Correo: rpirol@gmail.com

** Internacionalista de la Universidad del Rosario, con maestrías en Seguridad y Defensa Nacional, de la Escuela Superior de Guerra, y en Inteligencia Estratégica, de la Universitat Jaume I de Castellón. Actualmente se desempeña como profesor de Inteligencia y Pensamiento Estratégico en las facultades de Ciencia Política y Gobierno y de Relaciones Internacionales de la Universidad del Rosario y de Planeamiento Estratégico de la Amenaza en la Escuela de Inteligencia del Ejército Nacional. Correo: german.sahid@urosario.edu.co

1 Corea del Norte anunció su retiro definitivo del TNP el 22 de enero de 2003 (Korean Central News Agency, 2003).

El Tratado de Tlatelolco, que incluye los 33 Estados de América Latina y el Caribe, fue la estructura que sirvió de base para los demás acuerdos de no proliferación. Este tratado estableció la primera Zona Libre de Armas Nucleares del mundo y se convirtió en un modelo que inspiró cuatro tratados similares en África, Asia Central, Sudeste Asiático y el Pacífico Sur. A pesar de que desde su entrada en vigencia en 1969 el TNP fue ratificado por la totalidad de los Estados miembros, solo hasta el fin de la década de 1990 la experiencia latinoamericana en esta materia fue recibida por la comunidad internacional como una garantía del rechazo regional a la proliferación nuclear.

Sin embargo, en la pos-Guerra Fría se ha presentado en general una dispersión de las amenazas que antes estaban localizadas y, como consecuencia, aunque Suramérica no ha cambiado su actitud frente al sistema internacional de manera radical, empiezan a notarse algunos signos relativamente preocupantes en dos sentidos: primero, que nuevos actores nucleares (ilegales), como Irán, busquen aliados en todo el mundo y encuentren en algunos gobiernos latinoamericanos un posible apoyo, y segundo, en realidad más peligroso, es que haya una tendencia creciente hacia la “privatización” del intercambio de insumos nucleares y del desarrollo de programas orientados a formar parte de una cadena nuclear, en la que se involucren simultáneamente Estados, gobiernos y grupos al margen de la ley.

Además, los cada vez más ambiciosos planes nucleares de Argentina y Brasil, aunque de carácter pacífico, según afirman sus gobiernos, desafían la configuración del poder actual en la región y permiten la entrada de potencias, como Rusia, Francia, China y la India, cuya participación había sido limitada por el tradicional poder estadounidense.

Por estas razones, entre otras, resulta relevante estudiar el comportamiento de los asuntos nucleares en Suramérica, así como sus transformaciones, impactos y perspectivas que empiezan a vislumbrarse. En este sentido, este capítulo tiene como objetivo presentar, de modo general, el panorama actual de la posible proliferación nuclear en la región suramericana en el periodo de pos-Guerra Fría. Para este fin, se analizarán, en primer término, los antecedentes de los programas nucleares de Argentina y Brasil que se desarrollaron entre 1940 y 1990; en segundo lugar, se revisarán los acuerdos y programas nucleares suscritos recientemente en conjunto con países extra regionales que buscan un aumento de las capacidades para la generación de energía atómica, y, finalmente, las nuevas amenazas que supone la participación de actores no estatales en el uso y en el intercambio del material nuclear.

Para efectos del presente documento de investigación, es indispensable definir algunos conceptos clave, como proliferación nuclear, uso pacífico de la energía nuclear, potencias nucleares y países no nucleares.

A pesar de que el concepto *proliferación nuclear* empezó a utilizarse en 1961, no fue hasta la entrada en vigencia del TNP, en 1969, cuando se dieron las bases legales para definirlo.

El TNP establece dos categorías de Estados: *los nucleares* y *los no nucleares*. Los primeros son aquellos que fabricaron o explotaron un arma nuclear u otro artefacto explosivo antes del 1.º de enero de 1967; de esta manera, el ‘club de las potencias nucleares’ quedó compuesto por Estados Unidos, la antigua Unión Soviética, Inglaterra, Francia y China, países que, de acuerdo con lo establecido en el primer pilar del TNP, tienen el derecho de mantener su armamento nuclear. El resto de países, reconocidos como los no nucleares, son potenciales “proliferadores nucleares”. La no proliferación constituye el segundo pilar del TNP y está consignada en sus artículos I y II:

Artículo I. Cada Estado poseedor de armas nucleares que sea Parte en el Tratado se compromete a no traspasar a nadie armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos ni el control sobre tales armas o dispositivos explosivos, sea directa o indirectamente; y a no ayudar, alentar o inducir en forma alguna a ningún Estado no poseedor de armas nucleares a fabricar o adquirir de otra manera armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos, ni el control sobre tales armas o dispositivos explosivos.

Artículo II. Cada Estado no poseedor de armas nucleares que sea Parte en el Tratado se compromete a no recibir de nadie ningún traspaso de armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos ni el control sobre tales armas o dispositivos explosivos, sea directa o indirectamente; a no fabricar ni adquirir de otra manera armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos; y a no recabar ni recibir ayuda alguna para la fabricación de armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos.

El uso pacífico de la energía nuclear constituye el tercer pilar del TNP. En su artículo IV se reconoce el “derecho inalienable de todas las Partes en el Tratado de desarrollar la investigación, la producción y la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos sin discriminación”, y añade:

Todas las Partes en el Tratado se comprometen a facilitar el más amplio intercambio posible de equipo, materiales e información científica y tecnológica para los usos pacíficos de la energía nuclear y tienen el derecho de participar en ese

intercambio. Las Partes en el Tratado que estén en situación de hacerlo deberán así mismo cooperar para contribuir, por sí solas o junto con otros Estados u organizaciones internacionales, al mayor desarrollo de las aplicaciones de la energía nuclear con fines pacíficos, especialmente en los territorios de los Estados no poseedores de armas nucleares Partes en el Tratado, teniendo debidamente en cuenta las necesidades de las regiones en desarrollo del mundo.

2.2. Antecedentes de los programas nucleares en Suramérica

Dentro del marco del programa Átomos para la Paz, impulsado por el gobierno estadounidense en la década de 1950, varias regiones del mundo decidieron avanzar hacia el desarrollo de la tecnología nuclear y procedieron a construir sus primeros reactores.

Los 250 reactores de investigación que actualmente operan en el mundo se encuentran repartidos en 56 países. De esos, 18 reactores se encuentran en siete países de América Latina y el Caribe: seis en Argentina, cuatro en Brasil, tres en México, dos en Perú, uno en Chile, uno en Colombia y uno en Jamaica (Argüello, 2010).

En Suramérica, quienes más avanzaron en los procesos de investigación científica y adquisición de tecnología fueron Argentina y Brasil. Los demás países, como es el caso de Colombia y Perú, construyeron algunos reactores con fines exclusivamente investigativos, pero nunca llegaron a conformar una industria nuclear.

Desde la década de 1940, Argentina viene adelantando un programa nuclear que contó con la creación de varios institutos especializados, programas científicos universitarios y el reclutamiento de expertos nacionales y extranjeros. En 1953, en el marco del programa Átomos para la Paz, del presidente de Estados Unidos Dwight Eisenhower, se firmó por primera vez un acuerdo de cooperación para la aplicación pacífica de la energía nuclear entre Estados Unidos y el país austral (Rush, 2006, p. 23).

Más adelante, con la cooperación de compañías canadienses y alemanas se inició la construcción y puesta en marcha, por parte de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina (CNEA), de dos centrales nucleares: en 1974, Atucha I, con 357 MW, y en 1984, Embalse, con 648 MW (Comisión Nacional de la Energía Atómica de Argentina, 2006). Para ese entonces, Argentina era el único país latinoamericano que había logrado el

ciclo completo del combustible nuclear, el cual era suficiente para abastecer el 17 % de la electricidad del país² (Rush, 2006).

A pesar de ser oficialmente declarado como un programa pacífico, el exitoso avance del programa nuclear argentino generaba desconfianza en los gobiernos militares de los países vecinos. De acuerdo con una investigación del diario brasileño *O Estado de São Paulo*, publicada en febrero de 2007, en la que se presenta una serie de archivos clasificados como confidenciales que durante los últimos 20 años estuvieron bajo custodia de la Agencia Brasileña de Inteligencia, existía una seria preocupación al respecto; por lo tanto, la vigilancia y seguimiento de las investigaciones nucleares de Argentina fue una actividad regular de los servicios de inteligencia de Brasil por lo menos entre 1979 y 1983, durante el gobierno de João Figueredo, el último presidente de facto en ese país (El Clarín, 2007).

“El hecho de que la Argentina llegue a poseer un artefacto nuclear podría significar un factor preponderante de desequilibrio del poder militar, o incluso del poder nacional de Brasil, así como de cualquier alianza a su favor”, alertó un informe titulado “Argentina. Condiciones de fabricar la bomba atómica”, emitido el 2 de febrero de 1983 por el Estado Mayor del Ejército a la Agencia Central del Servicio Nacional de Información (SIN) de Brasil (El Clarín, 2007).

La naturaleza castrense y la profunda visión estratégica que caracterizaron el proceso de toma de decisiones de los gobiernos argentinos durante la mayor parte del siglo xx, además de la intensificación del conflicto con Inglaterra por las Malvinas, hacían sospechar que la actividad atómica de este país tenía otros intereses más allá de la generación pacífica de energía para el consumo cotidiano.

Por su parte, el programa nuclear brasileño tiene su origen en el gobierno de Getulio Vargas en la década de 1930. Con la cooperación técnica de Estados Unidos, Brasil construyó en Belo Horizonte su primer reactor nuclear de investigación, en 1962. Sin embargo, con la llegada de los gobiernos militares, la prioridad era tener un proyecto nuclear independiente y autónomo, pero se temía que con la alianza irrestricta con Estados Unidos esto no podía ser posible para la visión desarrollista y estratégica de los regímenes autoritarios que gobernaron entre 1964 y 1985.

2 Actualmente, la energía nuclear provee tan solo el 4 % de la energía del país (Rush, 2006).

Por lo tanto, en el marco de la política del Pragmatismo Responsable³, Brasil redujo la participación de Estados Unidos en su programa nuclear y firmó un importante acuerdo de cooperación con Alemania. Este acuerdo contemplaba la construcción de reactores nucleares, facilidades para el enriquecimiento de uranio y una planta de reprocesamiento de plutonio. En la práctica, la cooperación de Alemania significó el primer acuerdo para transferir tecnología que pudiera desarrollar todo el ciclo de combustible nuclear (Boureston, 2010).

El plan preveía la construcción de ocho usinas nucleares, de las cuales, hasta el momento, han sido puestas en funcionamiento solo dos, Angra I y Angra II, que generan el 3 % de la energía producida en el país. Actualmente se está construyendo la tercera, Angra III (Sociedad Angraense de Protección Ecológica [SAPE], 2004).

De acuerdo con Jack Boureston, director de First Watch International, hacia finales de la década de los setenta, Brasil inició un proyecto nuclear paralelo cuyo objetivo era desarrollar la bomba atómica. Este proyecto contó con la activa participación de la Marina, la Fuerza Aérea y el Ejército y estaba a cargo del Consejo de Seguridad Nacional (CSN) y la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN). La coordinación entre estas tres instituciones tenía como fin controlar el ciclo completo del combustible y para ello los proyectos de cada una de las fuerzas utilizarían métodos diferentes (Boureston, 2010, p. 2).

La Armada estableció un proyecto para enriquecer uranio usando centrífugas en la planta de investigación Aramar; la Fuerza Aérea experimentó con tecnologías de enriquecimiento de uranio por láser en su Centro de Tecnología Aeroespacial (CTA) en São José dos Campos, cerca de São Paulo, y el Ejército utilizó tecnologías que recibió de los alemanes para llevar a cabo investigación sobre toberas de chorro para el enriquecimiento. Los resultados de los programas de enriquecimiento utilizando láser y toberas de chorro fueron, finalmente, infructuosos, pero el laboratorio de centrifugación y la planta piloto de enriquecimiento de Aramar fueron exitosos, sirviendo como base para la

3 El llamado "Pragmatismo Responsable" proviene de una recomendación que el presidente Ernesto Geysel hizo el 19 de marzo de 1974 a sus ministros: "El interés nacional quiere que, en política exterior, las conveniencias de la expansión económica estén separadas de las posiciones ideológicas. Esto no implica, de ninguna manera, que el Brasil renuncie a sus lazos tradicionales de acercamiento a la hermana nación norteamericana. Pero sus realizaciones, sus ambiciones, tanto como la nueva coyuntura internacional, justifican una revisión de las habituales condiciones de colaboración" (Mendible, 1986, p. 126).

instalación de la amplia instalación comercial Resende, la cual comenzó sus operaciones en 2006 (Boureston, 2010, p. 2)⁴.

Este programa paralelo de uso militar estuvo activo hasta el final de la década de 1980, cuando el presidente José Sarney decidió poner fin a la autonomía de los militares en los asuntos nucleares dentro del proceso de redemocratización que empezó en 1985.

En 1990, el presidente Fernando Collor de Melo hizo público el plan secreto de la bomba atómica llevado a cabo por el Ejército y se dio un debate nacional entre el sector desarrollista y nacionalista y el sector liberal, que propugnaba por la responsabilidad internacional. A pesar de que la Comisión Parlamentaria de Investigación —creada para esclarecer la naturaleza del programa paralelo— se inclinó por la visión desarrollista, resaltando las virtudes del programa y recomendando su continuación, la posición liberal del gobierno de Collor se mantuvo y el plan tuvo la participación de civiles que se enfocaron mucho más en el desarrollo de un programa pacífico (Merke & Montal, 2010, pp. 41-45). Sin embargo, existen aún sectores del gobierno y de la sociedad brasilera que insisten en la profundización del carácter militar del proyecto nuclear; el debate sigue presente.

Como se ha visto hasta ahora, los programas nucleares de Brasil y Argentina vienen desde hace varias décadas, y la fuerte participación militar en cada uno de ellos ha dejado una sombra de incertidumbre y ambigüedad sobre el carácter pacífico de estos programas. Además, la demora en la ratificación del Tratado de No Proliferación Nuclear y del Tratado de Tlatelolco por parte de los dos Estados⁵ generó el recelo de sus vecinos y de la comunidad internacional.

No obstante, el fin de las dictaduras, la crisis de la deuda, la desmembración de la Unión Soviética, el dominio de las ideas neoliberales y el cambio de la percepción de las amenazas, entre otros factores, hicieron que la década

4 “The navy established a uranium centrifuge project at the Aramar research facility; the air force experimented with laser enrichment technologies at its Centre for Aerospace Technology (CTA) in São José dos Campos near São Paulo and the army used technologies it received from the Germans to conduct research on jet nozzles as a method of enrichment. The results of the laser and jet nozzle programmes were ultimately fruitless, but the Aramar centrifuge laboratory and pilot enrichment plant were successful, serving as the basis for the larger Resende commercial enrichment facility which began operations in 2006”, (Boureston, 2010, p. 2).

5 El Tratado de Tlatelolco fue ratificado por Argentina el 18 de enero de 1994 y por Brasil, el 30 de mayo del mismo año. El Tratado de No Proliferación Nuclear fue ratificado por Argentina en 1995 y por Brasil, en 1998.

de 1990 sirviera de escenario para que estos países del Tercer Mundo —que habían tenido el firme propósito de ser parte del club nuclear— abandonaran, renunciaran o modificaran radicalmente sus aspiraciones de obtener la bomba.

2.3. Los años noventa: ¿transición hacia un mundo más pacífico?

De acuerdo con Ariel Levite, investigador *senior* del Carnegie Endowment for International Peace, existen 17 *nuclear reversal states*,⁶ es decir, Estados que en algún momento iniciaron actividades orientadas al desarrollo de armas nucleares y que a partir de una decisión gubernamental renunciaron a ellas o disminuyeron su participación. Dentro de este grupo se encuentran dos países suramericanos: Brasil y Argentina (Levite, 2003, p. 62).

Para Paul y Levite, los Estados deciden renunciar o parar sus proyectos nucleares gracias a la combinación de diferentes factores que tienen que ver con transformaciones en tres esferas distintas: 1) la situación externa de seguridad de un Estado mejora considerablemente o surgen alternativas a las armas nucleares que las hacen innecesarias; 2) se da un cambio en el régimen político nacional en el que la economía de mercado desplaza a la planificación centralizada (*central planning*) y; 3) la aparición de nuevas regulaciones, tanto en el plano interno como en el plano internacional, que disminuyen el atractivo de las armas nucleares (Levite, 2003, p. 68; Paul, 2000, pp. 3-11).

En el caso de Brasil y Argentina, se puede observar cómo estas tres esferas estuvieron presentes en el proceso de congelamiento de sus programas nucleares. En primer lugar, el fin de la Guerra Fría supuso un cambio en las percepciones de las amenazas y de seguridad del mundo entero y se dio una redefinición de las alianzas militares y políticas. La rivalidad militar e ideológica entre Oriente y Occidente fue reemplazada por el optimismo depositado en acuerdos de seguridad más colectivos y cooperativos (Johnson, 1999, p. 5).

En segundo lugar, el fin de las dictaduras, acompañado de procesos de redemocratización basados en la economía de mercado, fue un elemento indispensable para entender la decisión de *nuclear reversal* tanto en Brasil como

6 Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Corea del Sur, Egipto, Indonesia, Italia, Japón, Noruega, Países Bajos, Rumania, Suecia, Suiza, Taiwán y la antigua Yugoslavia (Levite, 2003, p. 62).

en Argentina. Las crisis de tipo social, económico y político por las que ambos países atravesaron durante los años 1980 pusieron en evidencia la caducidad de los regímenes autoritarios y desprestigiaron los diversos proyectos adelantados por los militares, como fue el caso de los programas de desarrollo nuclear. Las políticas neoliberales encaminadas a reducir el tamaño del Estado y establecer una disciplina fiscal atentaban contra el enorme gasto que suponían las actividades nucleares.

Según la Sociedad Angraense de Protección Ecológica de Brasil, Angra I, que inició su construcción en 1972 con finalización prevista para 1983 y que comenzó a operar en 1985, consumió aproximadamente 3500 millones de dólares, aunque lo previsto eran 320 millones de dólares. La planta Angra II tuvo sus costos de instalación avaluados en más de 10 millones de dólares y se tiene presupuestado que Angra III genere costos de manutención de 20 millones de dólares anuales (Sociedad Angraense de Protección Ecológica [SAPE], 2004).

Finalmente, la nueva legislación nacional e internacional y los nuevos acuerdos de cooperación hicieron que el desarrollo de armas nucleares fuera una alternativa altamente costosa en términos de prestigio y reconocimiento internacional. Fue justamente con la reunión entre los dos presidentes civiles —José Sarney, de Brasil, y Raúl Alfonsín, de Argentina— que se dio un primer gran acercamiento entre estos dos Estados “rivales” para abrir las cajas negras de sus programas nucleares y generar confianza mutua a través del Acuerdo Brasileño-Argentino sobre el Uso Pacífico de Energía Nuclear (Boureston, 2010, p. 3). Esta aproximación creó las bases para el avance hacia la integración regional que hoy —a pesar de sus profundas diferencias— se ve materializada en Mercosur.

Con el proceso de redemocratización, las nuevas constituciones nacionales establecieron como mandato el desarrollo exclusivamente pacífico de la tecnología nuclear. Además, según Rebecca Johnson, en el escenario internacional y regional durante el periodo comprendido entre 1987 y 1995 se dio un significativo avance en los regímenes relacionados con el control de armas (Johnson, 1999, p. 3).

Sin embargo, para Ariel Levite, estos procesos de “reversa nuclear” son mucho más complejos de lo que pueden parecer. La decisión de parar o abandonar el programa nuclear obedece a un proceso gradual y no lineal; estos procesos carecen, en primera instancia, de un objetivo claramente

articulado y rara vez asumen que la renuncia es permanente e irreversible (Levite, 2003, p. 74).

Es muy común encontrar Estados que a partir de un cambio en sus necesidades económicas y políticas y en las percepciones de su seguridad externa deciden reabrir sus programas nucleares. Tal es el caso de Argentina y Brasil, países que tras un periodo de reacomodación nacional e internacional han manifestado continuar con sus ambiciosos proyectos nucleares.

2.4. Nuevos acuerdos y reactivación de los programas nucleares

Durante la primera década del siglo XXI parece haberse dado un renacimiento de la energía nuclear a escala mundial. Varios países nucleares han decidido expandir sus capacidades instaladas y 60 nuevos países están evaluando la opción nuclear para producir electricidad.

Esta dinámica no es ajena a la región latinoamericana. Según lo muestra un informe reciente de la Agencia Internacional de Energía Atómica, diez países en América Latina y el Caribe —Bolivia, Chile, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Haití, Jamaica, Perú, Uruguay y Venezuela— han solicitado el apoyo del organismo para iniciar actividades nucleares dirigidas a la futura generación de electricidad (Argüello, 2010).

El 23 de agosto de 2006, el fallecido expresidente de Argentina Néstor Kirchner anunció la reactivación y la recuperación de la industria nuclear de su país:

El plan contempla terminar la construcción de la planta nuclear Atucha II, paralizada desde 1994, y la cual está completada en un 80 %;⁷ extender la vida útil de la planta de Embalse por otros 25 años; empezar los estudios de factibilidad para la construcción de una cuarta planta nuclear de 1000 megavatios (MW); reabrir la planta de enriquecimiento de uranio de Pilcaniyeu en la provincia

7 “Atucha II es una central de tipo moderno, de características similares a las construidas en Alemania, Brasil y España, se convertirá en la tercera central nuclear del país, y la quinta en Sudamérica. Su entrada en funcionamiento estaba prevista para el último trimestre del 2011. Cuenta con una potencia neta de 692 megavatios y aportará al mercado eléctrico mayorista unos 5800 GW/h anuales, lo que equivale al 4 % de la matriz energética. Se calcula que tal cantidad de energía permitirá satisfacer las necesidades de una población de 5 millones de habitantes, además de ahorrarle al país el consumo de 1200 millones de metros cúbicos de gas natural por año (consumo actual). Asimismo, permitirá evitar la emisión a la atmósfera de 3,5 millones de toneladas de CO₂ por año” (Argentina en Noticias, 2011).

de Neuquén, cerrada desde 1983; y reiniciar las operaciones de la planta de Arroyito para producir 600 toneladas de agua pesada para Atucha II. Además de la generación masiva de energía nucleoelectrica. (Rush, 2006, s. p.)

Por su parte, Brasil, aunque realmente nunca detuvo su programa nuclear, con la llegada del nuevo milenio y la creciente demanda energética para sustentar su desarrollo económico decidió seguir avanzando en un proyecto más ambicioso. Después de tres años de debate, a comienzos de 2008 lanzó públicamente el nuevo plan estratégico nacional, que de acuerdo con una entrevista a Odair Dias Gonçalves, presidente de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de Brasil, realizada por el grupo editor del *Boletín de Científicos Atómicos* de Chicago, tiene como objetivos principales:

- Aumentar la capacidad de generación de electricidad basada en energía nuclear. Se espera que Angra III genere entre el 5 y el 6 % de la energía de todo el país hacia el 2030 (Dias Gonçalves, 2008).
- Asegurar la autosuficiencia en la producción de combustible nuclear, proporcionando el 100 % de la demanda nacional. Aunque este es un propósito muy optimista y ni siquiera las grandes potencias han podido lograrlo, Brasil tiene la sexta reserva de uranio más grande del mundo y tiene todo el potencial para llevarlo a cabo. Para lograrlo, el país debe, además de seguir explorando nuevos depósitos de uranio, expandir las actividades mineras y la planta de enriquecimiento de Resende, en Río de Janeiro, así como aumentar las capacidades de todo el complejo nuclear (Dias Gonçalves, 2008).

Como se puede observar, ambos países son conscientes tanto de sus necesidades en materia de crecimiento económico como de los desafíos propios de un orden internacional cambiante que exige mayor movilidad, asertividad y respuestas eficaces para ocupar espacios vacíos que se han abierto durante la pos-Guerra Fría. Estos anuncios de profundizar en los procesos de investigación nuclear que se han venido dando durante la última década llegan después de que las sospechas acerca del carácter belicista de los dos grandes actores suramericanos se habían disipado.

Durante la década de 1990, Brasil y Argentina, así como muchos otros países de diferentes regiones, decidieron ingresar al ‘club de los buenos’ y empezaron a ratificar y a hacer parte activamente de diversos regímenes

internacionales relacionados con el control de armas de destrucción masiva y convencionales.

La diplomacia brasileña fue tradicionalmente reacia a aprobar el TNP, basándose en el argumento central de que el acuerdo era esencialmente discriminatorio porque dejaba de lado las capacidades nucleares de aquellos países que integraban ‘el club nuclear’ y, por lo tanto, el TNP convertía una diferencia política y militar en una diferencia jurídica. Al enviar la firma del TNP a examen del Congreso, el argumento del presidente Cardoso era que su ingreso al régimen haría de Brasil “un país respetado, un interlocutor confiable, capaz de dialogar de igual a igual con todas las naciones del mundo, grandes o pequeñas, nucleares o no nucleares” (Merke & Montal, 2010, pp. 46-47).

La ratificación del Tratado de Tlatelolco y del TNP por parte de Argentina y Brasil fue vista por la comunidad internacional como una victoria del derecho internacional sobre la prevalencia del poderío militar como criterio principal del poder en el escenario internacional. Razón por la cual se prendieron las alarmas cuando buena parte de los gobiernos suramericanos, reconocidos por su voluntad de desafiar —cuando es posible— el poderío de Estados Unidos en la región, se inclinaron hacia la búsqueda de una mayor participación nuclear en la escena global.

Además de informar acerca de la construcción de nuevas plantas de enriquecimiento de uranio y nuevos reactores con mayor capacidad de generación de energía, llaman la atención las intenciones de construir submarinos de propulsión nuclear con la cooperación de potencias nucleares.

Durante los últimos tres meses de 2011, funcionarios del Ministerio de Defensa de Argentina, encabezado por Arturo Puricelli, han declarado que por orden de la presidenta Cristina Fernández se encuentra en construcción un submarino de propulsión nuclear (El Clarín, 2011).

En el caso de Brasil, el acuerdo firmado con Francia en septiembre de 2009, cuyo propósito es obtener asistencia técnica sobre los aspectos no nucleares del diseño del submarino⁸, ha sido más publicitado, ya que su proceso de construcción está en marcha.

Las razones por las cuales Brasil y Argentina deciden embarcarse en proyectos de gran envergadura que comprometen buena parte de su presupuesto

8 Todos los procesos relacionados con la energía nuclear involucrados en la construcción del submarino son realizados exclusivamente por Brasil. La asistencia francesa no estará presente en todas las etapas. Esto hace parte del interés de Brasil de ser autónomo y autosuficiente y no compartir sus ‘secretos’ de tecnología nuclear con ningún Estado ni institución (Boureston, 2010, p. 51).

nacional son diversas y obedecen tanto a sus necesidades económicas como a su visión estratégica de la conservación de su territorio y al posicionamiento regional.

En el 2007, Brasil descubrió unas importantes reservas de petróleo que lo ubicarían entre los primeros cinco países productores de este combustible. No obstante, para que esto sea una realidad debe poseer toda la infraestructura y tecnología necesaria para acceder al crudo, que se encuentra a 7000 metros debajo del nivel del mar en la costa que bordea a los estados de Santa Catarina y Espírito Santo (Revista Veja, 2011). Una de las razones más utilizadas para defender el proyecto del submarino nuclear es justamente avanzar en la exploración de estos pozos hallados. Sin embargo, los submarinos nucleares, además de ayudar en los procesos de exploración, también son importantes armas navales que le dan una enorme ventaja a las fuerzas marinas que las utilicen.

Hay que recordar que Brasil está en un proceso de consolidación y que quiere ser reconocido como un líder de alcance global (Lafer, 2002, pp. 131-150); por lo tanto, mejorar sus capacidades militares lo acerca a ese propósito.

El caso de Argentina es distinto, a pesar de que sus intenciones y capacidades para ser un líder global son vagas, tiene una visión estratégica que busca defender y garantizar su integridad territorial, que se encuentra amenazada por el avance de reconocidas potencias. El enfrentamiento con el Reino Unido por las Malvinas sigue vigente y es un motivo de preocupación nacional. Contar con submarinos de propulsión nuclear⁹ dentro de su flota podría revertir los resultados de la guerra de las Malvinas en 1982.

El rápido despliegue de los submarinos nucleares británicos en torno a las Malvinas en 1982, algunos de los cuales zarparon varios días antes del 2 de abril, y el efecto disuasivo que lograron por la sola presunción de su presencia son claros ejemplos que fundamentan lo expresado (Castro Madero, 2010, p. 46).

Según un informe del Centro Argentino de Relaciones Internacionales, presentado a la Presidencia de la República Argentina sobre las posibilidades de un submarino nuclear argentino, son muchos los riesgos en materia diplomática, militar y económica que se corren al adelantar un proyecto como

9 Estos submarinos son capaces de operar solos por periodos sensiblemente prolongados. Tienen una marcada ventaja estratégica por sobre los convencionales, ya que sus necesidades de reabastecimiento de combustible se miden en meses y aún en años. “Como dato ilustrativo, cabe mencionar que un submarino de ataque pequeño solo puede navegar en inmersión alrededor de una hora a 25 nudos. La misma nave con propulsión nuclear puede hacerlo durante dos años” (Castro Madero, 2010, p. 26).

este. Si bien es cierto que “no existen impedimentos de orden legal que inhiban el desarrollo o adquisición de submarinos de propulsión nuclear [...] no implica que, si la República Argentina —o cualquier otro país no desarrollado— decidiese embarcarse en esa vía, se producirían reacciones de origen exterior predominantemente negativas” (Carasales, 2010, p. 15).

Frente a los costos económicos que un submarino nuclear traería para Argentina, el contraalmirante Carlos Castro Madero, director de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina entre 1976 y 1983, afirma lo siguiente:

La etapa de estudio de factibilidad puede demandar un año y su costo difícilmente puede superar los 2 millones de dólares. Todo el costo involucrado en el desarrollo, incluido el prototipo de experimentación asciende a 80 millones de dólares. Puede extenderse a 100 en el caso de que ciertos componentes convencionales no puedan ser adquiridos en el mercado internacional y deban, por consiguiente, ser desarrollados. El tiempo requerido para esta etapa es de seis años. Puede disminuirse a costa de un mayor costo y aumento de riesgos. La construcción de la primera nave, incluyendo todos los sistemas que la definirían como operativamente apta, es de 200 millones de dólares y su plazo de construcción es de cuatro años a partir del quinto año de iniciación del proyecto. Este costo debe ser comparado con los 120 millones que es el precio de un submarino convencional del mismo desplazamiento. (Castro Madero, 2010, p. 38)

No obstante, el mayor peligro está en el riesgo de proliferación nuclear. Tal como lo dice Ariel Levite, las decisiones gubernamentales de renunciar a la construcción de la bomba son procesos complejos y no son una garantía de que nunca se reinicien. Existen varias razones por las cuales los gobiernos abandonan o retoman sus programas nucleares de alcance militar, relacionadas con las percepciones que tienen sobre su seguridad externa e interna. Aunque existan cada vez más elementos normativos disuasivos, la seguridad y el interés nacional se impondrán en la medida en que la percepción de amenaza aumente (Levite, 2003, pp. 70-74).

Los reactores usados en los submarinos de Estados Unidos, Gran Bretaña, China y, presumiblemente, de la antigua Unión Soviética (cualquiera que sea su poseedor actual) emplean como combustible uranio altamente enriquecido. Aunque el grado no se conozca con exactitud, se cree que es de tal magnitud como el requerido para la fabricación de armas nucleares. La consecuencia de lo expuesto radica en que, cualquiera que sea la índole del combustible que

se utilice en el submarino que desarrolle un país no nuclear, existirá siempre el riesgo de su utilización en la producción de armas nucleares (Carasales, 2010, pp. 16-17).

Sin embargo, esos proyectos a gran escala parecen estar más allá de las posibilidades tecnológicas de ambos países y, por lo tanto, es posible que dependan de emprendimientos conjuntos con otros socios con mayor experiencia en grandes centrales, dispuestos, a su vez, a transferir tecnología (Argüello, 2009a).

Para poder alcanzar su plan, Argentina ha firmado acuerdos de cooperación con dos países nucleares: Rusia, que está legítimamente reconocido por el derecho internacional¹⁰ y la India, que está por fuera de la regulación internacional sobre proliferación nuclear y que nunca ha firmado el TNP. El acuerdo con la India fue firmado en octubre de 2009 y busca fomentar el trabajo conjunto de investigación y desarrollo de generación de energía nuclear, medicina nuclear y otras aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear (Argüello, 2010).

No obstante, el acuerdo firmado con Rusia durante la visita del presidente Dmitri Medvédev a Buenos Aires en abril de 2010, según Irma Argüello, directora de la fundación argentina No Proliferación para la Seguridad Global, parece ser más significativo y tener un mayor impacto en el corto y el mediano plazo.

Se firmaron 14 acuerdos bilaterales en tecnología durante esa visita. Ha sido muy significativo aquel firmado entre la corporación de energía nuclear estatal Rosatom y el Ministerio de Planificación Federal, Inversión y Servicios de Argentina. El acuerdo también incluye la evaluación sobre locaciones potenciales en Argentina para instalaciones de ciclo de combustible nuclear e infraestructuras relacionadas (Argüello, 2010). De la misma forma, Brasil también firmó un memorando de cooperación nuclear con Rusia el 21 de julio de 2009 tras un acuerdo alcanzado durante la visita presidencial de Medvédev a Brasil en noviembre de 2008, que actualizó un viejo acuerdo de 1994. Las potenciales áreas de cooperación incluyen el diseño y la construcción de reactores de investigación, la producción de radioisótopos y el desarrollo de tecnologías para reactores de potencia y prospección de uranio (Argüello, 2010).

10 Cuando el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) se lanzó para ser firmado en 1968, establecía una disposición en la que, para los efectos del Tratado, un Estado poseedor de armas nucleares es aquel que ha fabricado y explotado un arma nuclear u otro artefacto explosivo antes del 1°. de enero de 1967. De esta manera, el club de las potencias nucleares quedó compuesto por los mismos miembros del Consejo Permanente de Seguridad de las Naciones Unidas: Estados Unidos, la Unión Soviética, Inglaterra, Francia y China (Marin Bosch, 2007).

Sin embargo, existen alianzas con otros países reconocidos como una grave amenaza a la paz y seguridad internacional. Tal es el caso de Irán, cuyo programa nuclear y sus declaraciones oficiales han preocupado a jefes de Estado del mundo entero. Los resultados del pasado informe de la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA, por sus iniciales en inglés), publicados en noviembre de 2011, revelan que el gobierno tiene instalaciones y tecnologías sobre enriquecimiento de uranio y plataformas de lanzamiento de misiles que podrían alcanzar el territorio israelí (AIEA, 2011).

El presidente Ahmadineyad ha visto en América Latina una fuente de recursos y de apoyo diplomático muy útiles para completar su programa nuclear.

Desde 2005, Irán abrió seis embajadas en la región, además de las cinco ya existentes. Cientos de funcionarios y estudiantes bolivianos, nicaragüenses, ecuatorianos y salvadoreños están recibiendo entrenamiento en Irán. La actual administración argentina presumiblemente habría tomado una posición completamente pro iraní si no fuera por los ataques terroristas en Buenos Aires en 1992 y 1994, en los cuales estuvieron involucrados agentes de la República Islámica (Argüello, 2010).

Brasil ha tenido un importante papel como ‘mediador’ en el conflicto existente entre Irán y el Consejo Permanente de Seguridad, lo cual le trajo al gobierno de Lula da Silva fuertes críticas provenientes de su propio Ministerio de Relaciones Exteriores, así como de Estados Unidos, Europa y sus vecinos. En mayo de 2010, Turquía, Irán y Brasil firmaron un acuerdo que incluía un esquema de intercambio de uranio enriquecido. Inicialmente, la idea era que “Irán aceptara un acuerdo por el cual entregaría 1200 kilogramos de uranio enriquecido al 3,5 % (uranio de bajo enriquecimiento). Este uranio permanecería en Turquía por un año a cambio de recibir 120 kilogramos de uranio enriquecido al 20 % que sería utilizado en un reactor que produce isótopos para uso médico” (Merke & Montal, 2010, p. 48). Sin embargo, este acuerdo fue visto por la comunidad internacional, especialmente por Estados Unidos, como un pacto ventajoso para Irán y una estrategia retrasó la actuación del Consejo de Seguridad para imponer nuevas sanciones a ese país (Argüello, 2010; Merke & Montal, 2010, p. 48).

De acuerdo con Irma Argüello (2010), esta iniciativa solo sirvió para resaltar el apoyo brasileño a las actividades de enriquecimiento iraníes desafiando las sanciones del Consejo de Seguridad. Este acuerdo, obviamente, no fue apoyado por los cinco países nucleares, los cuales impulsaron una cuarta

ronda de sanciones, a pesar de la oposición de Brasil y Turquía. Esto tuvo un final predecible que dañó la reputación de Brasil y levantó nuevas sospechas internacionales sobre el compromiso de Brasil con la no proliferación nuclear.

2.5. El caso venezolano

Como se mencionó anteriormente, Irán ha ‘coqueteado’ con varios Estados latinoamericanos, entre los cuales se destaca Venezuela, cuya proximidad con el gobierno de Irán es creciente. Durante los primeros días de enero de 2012 el entonces presidente iraní Ahmadineyad llevó a cabo su cuarta visita oficial a Venezuela desde su llegada al poder, en agosto de 2005. La última vez que estuvo en este país fue en noviembre de 2009, cuando suscribió 68 acuerdos bilaterales de cooperación y se creó el Fondo Único Binacional Irán-Venezuela. “Ambos mandatarios se reunirán en el Palacio de Miraflores para revisar los acuerdos bilaterales de cooperación en materia económica, que rondan los 5000 millones de dólares (3942 millones de euros), energética, de comunicación, producción, alimentación y vivienda” (Antena 3, 2012).

Los acercamientos entre Irán y Venezuela se iniciaron luego de los actos conmemorativos del 183° aniversario de la batalla de Carabobo, el 1.° de julio de 2004, donde el general Raúl Isaías Baduel¹¹ pidió a sus oficiales, suboficiales y soldados “interpretar las nuevas estrategias y tecnologías de la pos-Guerra Fría y las amenazas que se ciernen sobre nuestro país”¹². De acuerdo con lo anterior, el general Melvin López Hidalgo¹³ ordenó cambiar la doctrina militar de las Fuerzas Militares venezolanas con el fin de enfrentar una hipotética guerra asimétrica.

Dentro de las hipótesis de conflicto se definieron cuatro amenazas claras:

1) Una guerra de cuarta generación, para desestabilizar al país, como paso previo a operaciones destinadas a destruir el Estado-nación; 2) un golpe de Estado con acciones promovidas por organizaciones transnacionales; 3) un conflicto regional, como extensión del conflicto de países vecinos bajo el pretexto de contrarrestar factores generadores de violencia; y 4) una intervención militar similar al estilo de las coaliciones que han intervenido en otras partes del mundo bajo el mandato de la OEA o de la ONU.¹⁴

11 Comandante del Ejército Venezolano.

12 Discurso del Ministro de la Defensa Raúl Isaías Baduel el 1.° de julio de 2004.

13 Secretario del Consejo Nacional para la Defensa de la Nación (Codena).

14 Discurso del ministro de la Defensa, Raúl Isaías Baduel, el 1.° de julio de 2004.

El presidente Chávez y su Estado Mayor decidieron que la respuesta más acertada a las amenazas expuestas está plasmada en el texto *La guerra periférica y el islam revolucionario*, del académico español Jorge Verstrynge. Mediante esta decisión, el gobierno venezolano y las élites académicas revolucionarias han logrado consensuar lo que a primera vista no tiene relación alguna; es decir, la relación entre el socialismo del siglo XXI, la revolución bolivariana y el islamismo revolucionario.

Verstrynge infiere que hay cuatro postulados del islamismo revolucionario: primero, la fe (ya no en el sentido de la historia, sino en el designio divino); segundo, la igualdad (la utopía); tercero, la lucha contra la corrupción económica y política; y cuarto, la lucha contra la recolonización unipolar, contra el imperialismo en todos sus aspectos, incluidos el cultural (Verstrynge, 2007, p. 144). Estos cuatro postulados pueden ser comparados e incluso yuxtapuestos a los cuatro postulados de la revolución bolivariana, que son: primero, la revolución antiimperialista; segundo, la revolución democrático-burguesa; tercero, la contrarrevolución neoliberal; y cuarto, la pretensión de llegar a una sociedad socialista del siglo XXI.¹⁵

A partir de 2005 las relaciones entre Mahmud Ahmadineyad y Hugo Chávez se fortalecieron debido a un interés nacional convergente, dada la coincidencia en la redefinición de las políticas exteriores de ambos países. Por eso, algunas nociones en común en el contenido y la forma de llevar a cabo sus acciones internacionales pueden describirse como radicales y con perspectivas fundamentalistas (Delpecha, 2007, p. 6); es decir, ambos han apostado por la conversión de su Estado en una potencia regional con ambiciones expansionistas más allá de su área natural de influencia y por su integración prácticamente en cualquier eje ideológico que apueste por una política de confrontación con Estados Unidos y sus aliados (Merlos, 2009, p. 20).

Lo anterior está basado en el concepto estratégico de Verstrynge, en el que propone nuevas características de asimetría que son identificadas a partir de la lucha yihadista de Al Qaeda y del islamismo revolucionario estudiados por Ílich Ramírez Sánchez, alias ‘el Chacal’. Ramírez considera que por sí solos los discursos del Tercer Mundo y del comunismo ya no representan ni constituyen una amenaza palpable al imperialismo estadounidense:

15 Discurso del presidente venezolano Hugo Chávez Frías en el XVI Festival de la Juventud, 19 de agosto de 2005, Caracas.

Los hombres necesitan hoy un nuevo internacionalismo, poderosamente unificador, que fusione el ideal moral y la dimensión sacra con la arquitectura conceptual y teórica del movimiento social revolucionario. El islam, gracias al mensaje de universalidad que vehicula, me parece ser la única contracultura susceptible de contrarrestar el maquillaje totalitario que se está instalando actualmente sobre todo el planeta. En definitiva, el islam confiere a la vía revolucionaria una dimensión espiritual y moral, ausente en la doctrina marxista-leninista burocratizada; [por ello] es la punta de lanza de la aspiración revolucionaria. [...] ¿y Bin Laden en todo esto? Se ha vuelto el héroe de todos los oprimidos, sean o no musulmanes. (Verstrynge, 2007, pp. 64-66)

Dentro de las nuevas características de la guerra asimétrica, Verstrynge hace caso omiso de conceptos clásicos, como la territorialidad o el carácter estatal de los conflictos, y da relevancia a elementos distintos a los señalados por los teóricos de la guerra simétrica, como Jomini y von Clausewitz (Verstrynge, 2007, pp. 114,115). Las características propuestas son:

1. Guerra total, revalorización de la guerra de guerrillas y de la acción kamikaze, culminando en el uso del voluntario de la muerte.
2. La desterritorialización
3. La desestatalización
4. La desnacionalización
5. La comunicación como arma
6. La ausencia de plazos
7. El factor inmediatez o la vuelta del cuerpo al cuerpo
8. El aprovechamiento sistemático de los conocimientos bélicos más avanzados gracias al uso de las redes de información
9. El ascenso del islam revolucionario como ideología alternativa y como ideología de la periferia

Una vez la doctrina se encuentra establecida entre los dos Estados, se inicia la cooperación en materia nuclear. Aun así, ambos presidentes enfatizaron que los programas de energía nuclear son pacíficos y “el 13 de noviembre de 2008, tras cinco días de consultas intensas en Caracas, los gobiernos de Irán y Venezuela formalizaron todavía más su colaboración, mediante un memorando de entendimiento para cooperar en el campo de tecnología nuclear”.¹⁶

16 Véase el acuerdo firmado el 14 de noviembre de 2008 por Gladys Maggi Villarroel, viceministra del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias, y el viceministro de Ciencia, Investigación y Tecnología de Irán, Ali Reza Jahangirian.

Cabe destacar que la embajada de Estados Unidos en Caracas supone que la cooperación entre ambos Estados va incluso más allá que la cooperación científica, en la medida en que:

Durante una reunión en febrero de 2006 con Poloff, Nelson Lara, miembro del Partido Acción Democrática y profesor de la Universidad Central de Venezuela (UCV), aseguró tener información que demuestra la participación de Irán en el sector minero de Venezuela. Lara dijo que oficiales militares en servicio activo en sus clases le dijeron que 20 funcionarios iraníes estaban trabajando en el Ministerio de Industrias Básicas y Minas. Él dijo que los iraníes no respondieron a ninguna autoridad venezolana. Lara especuló acerca de su participación en la minería del uranio, pero dijo que no sabía el papel de los iraníes en el Ministerio y agregó que 37 iraníes estaban trabajando en el Instituto Venezolano de Geología y Minas, que Chávez lanzó a mediados de 2004. (Embajada de Estados Unidos en Caracas, cable 59845, 7 de abril de 2006, 20:19 horas)¹⁷

En contraprestación, Venezuela obtendría cooperación en seguridad, defensa y armamento, por el distanciamiento que ha tenido con gobiernos, como los de Brasil, y por los bloqueos armamentísticos impuestos por Estados Unidos.

La cooperación de defensa también puede ayudar a explicar la expansión de la relación bilateral (Refs. *D* y *E*). De hecho, un oficial del Ejército está previsto para sustituir al actual embajador de Irán en Venezuela. Según informes reservados, el gobierno de Venezuela está buscando armamento letal de Irán, como cohetes y otro material explosivo. Venezuela también ha buscado adquirir a través de Irán partes para su flota de naves estadounidenses, que han sido negadas en virtud de las políticas gubernamentales que prohíben la venta de componentes de municiones letales. Finalmente, información de cuidado sugiere que Venezuela ha solicitado la ayuda de Irán para establecer su fuerza de reserva militar. El Ejército Iraní de Movilización Popular (Basij) y el Cuerpo de la Guardia Revolucionaria Iraní (CGRI) invitan a la comparación con las estructuras militares paralelas aún en evolución: las reservas y la guardia territorial. El comandante del Basij, general Mohammed Hejazi, visitó Venezuela en 2005, y un coronel del CGRI ha llegado también, quizás en misión permanente. Un oficial militar retirado, citando reservistas venezolanos, nos dijo

17 “During a February 2006 meeting with Poloff, UCV professor and senior Acción Democrática party official Nelson Lara claimed to have information substantiating Iran’s involvement in Venezuela’s mineral sector. Lara said active duty military officers in his classes told him that 20 Iranian officials were working in the Ministry of Basic Industry and Mines. He said the Iranians did not answer to any Venezuelan management. Lara speculated about their involvement in uranium mining but said he did not know the Iranians role in the ministry. He added that 37 Iranians were active in the Venezuelan Institute of Geology and Mines, which Chávez launched in mid-2004” (US Embassy in Caracas, cable 59845, April 7th 2006, 20:19 h).

el 24 de marzo que Irán tenía un pequeño número de soldados en Venezuela capacitando a las reservas. (Embajada de Estados Unidos en Caracas, cable 59845, 7 de abril de 2006, 20:19 horas)¹⁸

De acuerdo con una investigación llevada a cabo por el embajador estadounidense Roger Noriega, un contrato de noviembre de 2008 entre una empresa estatal venezolana (CVC Minerven) y una empresa del gobierno iraní (Impasco) otorga a los iraníes una “mina de oro” en concesiones en el corazón de la cuenca del Roraima, en el estado suroriental de Bolívar, que se encuentra a lo largo de la frontera entre Venezuela y Guyana. Aunque la minería de oro en Venezuela se remonta a décadas, la cuenca es también el hogar de uno de los mayores depósitos de uranio del mundo, según una encuesta realizada por U308 Corp., una compañía canadiense de exploración de uranio (Noriega, 2010).

En diciembre de 2008 se suscitaron profundas sospechas sobre el propósito real de esa instalación cuando las autoridades aduaneras turcas interceptaron un cargamento enviado de Irán a la “fábrica de tractores” en Venezuela. Según informes de prensa, se encontraron 22 cajas y contenedores etiquetados como “repuestos de tractores” que contenían barriles de nitrato y químicos de sulfato —material para fabricar bombas— así como lo que los expertos turcos describieron como un “laboratorio de explosivos”. Por otra parte, esta carga sospechosa estaba siendo entregada por las Líneas de Transporte Marítimo de República Islámica de Irán (IRISL), que fue sancionada en septiembre de 2008 por el Departamento del Tesoro de Estados Unidos por la prestación de servicios logísticos al Ministerio de Defensa y a la Logística de las Fuerzas Armadas de Irán (Noriega, 2010).

Para Frédéric Massé (s. f.), investigador de la Facultad de Finanzas y Relaciones Internacionales de la Universidad Externado de Colombia, el programa iraní desata dos grandes preocupaciones en América Latina. La primera es que

18 “Defense cooperation may also help explain the expansion of the bilateral relationship (Refs *D* and *E*). Indeed, an army official is scheduled to replace the current Iranian Ambassador to Venezuela. According to sensitive reporting, the Venezuelan Government is seeking lethal armament from Iran such as rockets and other explosive materiel. Venezuela has also sought from Iran parts for the U.S. aircraft in its fleet that have been denied under the Department’s policy prohibiting the sale of components for lethal munitions. Finally, sensitive reporting suggests that Venezuela has sought help from Iran in establishing its military reserve force. The Iranian Popular Mobilization Army (Basij) and the Revolutionary Guard Corps (IRGC) invite comparison with Venezuela’s still evolving parallel military structures: the reserves and the territorial guard. Commander of the Basij Gen. Mohammed Hejazi visited Venezuela in 2005, and an IRGC colonel has arrived here probably on permanent assignment. A retired military officer citing Venezuelan reservists told us March 24 that Iran had a small number of soldiers in Venezuela training the reserves” (US Embassy in Caracas, Cable 59845, April 7th, 2006, 20:19 h).

“Irán aproveche de sus relaciones con países de AL [América Latina], como Venezuela y Bolivia, para evadir las sanciones internacionales en su contra, debido al desarrollo de su programa nuclear, y para aprovisionarse en uranio en esos países”, y la segunda hace referencia a que “países de la región, (y en especial Venezuela) se benefician de la ayuda de Irán para desarrollar su propio programa nuclear, no solamente para fines civiles, sino también militares”.

Queda claro que Venezuela desea tener capacidad nuclear. Atomstroyexport, la compañía rusa que construyó la planta de Bushehr en Irán, confirmó su participación en negociaciones para un acuerdo de cooperación nuclear con Venezuela (Gerami & Squassoni, 2008). Dos meses más tarde, en una visita del presidente ruso Medvédev a Caracas, se firmó un acuerdo marco que establece “cooperación en materia de fusión termonuclear controlada, seguridad de instalaciones y plantas nucleares, así como el desarrollo, construcción y puesta en funcionamiento de los reactores experimentales y centrales atómicas” (Gerami & Squassoni, 2008, s. p.).

Cabe destacar que a raíz de la tragedia en la planta nuclear de Fukushima, el 15 de marzo de 2011, el presidente Hugo Chávez suspendió el plan para construir junto con Rusia una planta de enriquecimiento de uranio. Sin embargo, los estudios por parte de los expertos iraníes continúan y, según el cable 228814 de la Embajada de Estados Unidos en Caracas (7 de octubre de 2009), en 2012 finalizarían los estudios para determinar la cantidad exacta de reservas de dicho material e iniciar su extracción. Esta fecha coincide con la gira que realizó el presidente Ahmadineyad en enero de 2012 a Venezuela, Ecuador y Nicaragua.

Tal como se ha visto, existe un alto riesgo de que Estados que nunca habían tenido ni las capacidades, ni las intenciones reales de adelantar programas nucleares, como está ocurriendo en Suramérica, pierdan el control sobre insumos y procesos que escapan a sus posibilidades de manejo. Esto es particularmente peligroso si se tiene en cuenta la presencia de grupos al margen de la ley en la región y la sospecha de su interés en participar en el lucrativo negocio del tráfico ilegal de insumos nucleares.

2.6. Participación de actores no estatales

Hay dos zonas geográficas altamente sensibles que son utilizadas por parte de grupos insurgentes y terroristas como posibles corredores para el tráfico

de material nuclear. La zona de la triple frontera entre Brasil, Argentina y Paraguay, donde diferentes células terroristas tienen sus bases de operaciones, y el macizo guayanés, que se extiende desde el oriente de Colombia, atravesando Venezuela, hasta las Guayanas, que se ha convertido en una zona de actuación de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC).

La relación del tráfico nuclear y la triple frontera se inicia con el ataque de una célula operativa libanesa de Hezbolá a la Asociación Mutual Israelita-Argentina (AMIA) en 1994. De acuerdo con el informe Nizman-Martínez, se demuestra que dicho ataque terrorista fue una represalia por la negativa del presidente argentino, Carlos Menem, de brindar cooperación técnico-científica al incipiente programa nuclear iraní (Greenberg, 2010, p. 68).

Hezbolá, viejo aliado de Irán, descubre que este punto es de alto valor estratégico para el despliegue de sus operaciones. El juez Walter Fanganiello, experto en investigaciones sobre lavado de dinero, vinculado al Instituto de Ciencias Criminales de Brasil, sentenciaba que: 1) Al Qaeda había establecido una base en la diáspora árabe asentada en Ciudad del Este; 2) Bin Laden estaba intentando establecer una presencia estable en la triple frontera y no descartaba ligar las actividades terroristas al tráfico de armas, drogas e incluso uranio, en conexión con la mafia rusa; 3) uno de los objetivos fundamentales pasaba por utilizar entidades sociorreligiosas y culturales como plataformas y tapaderas para la captación, el proselitismo, el reclutamiento y el entrenamiento yihadista, así como para la ocultación de fugitivos buscados por la justicia internacional, y 4) la cúpula de Al Qaeda estaba interesada en el reclutamiento de militantes de Hezbolá después de haber valorado muy positivamente proyectos emprendidos en América Latina, como el que acabó con el atentado masivo contra la AMIA de Buenos Aires (Merlos, 2009, p. 48; Hudson, 2003, p. 20).

De la triple frontera a la frontera colombo-venezolana se relacionan diferentes grupos insurgentes y terroristas de la siguiente forma:

La confluencia de las redes ilícitas y la corrupción en un entorno permisivo puede facilitar no solo el movimiento de drogas, armas robadas o mercancías piratas, y las víctimas de trata, sino también el tráfico de terroristas, armas de destrucción masiva (ADM), materiales de armas de destrucción masiva y otras armas peligrosas y tecnologías que amenazan la seguridad mundial. Esta tendencia es particularmente fuerte cuando se toma en conjunto con la línea cada vez más borrosa entre ciertos grupos terroristas y las actividades delictivas que los financian. Por ejemplo, organizaciones como el Hezbolá, Al Qaeda,

las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), los talibanes y el Partido de los Trabajadores de Kurdistán (PKK) han sido reconocidas por participar en actividades delictivas con fines de lucro para avanzar en una agenda de terror. (Departamento de Estado, Oficina de Asuntos Narcóticos Internacionales y Aplicación de la Ley y Departamento de Seguridad Nacional de Estados Unidos, Inmigración y Control de Aduanas, 2010)¹⁹

Las presuntas relaciones entre Irán, Hezbolá y las FARC se remontan a la zona de distensión donde fue suspendida la venta e instalación de una planta frigorífica y de un matadero por parte de Irán a las autoridades locales de Caquetá después de que se descubriera que dentro de las personas encargadas del ensamblaje figuraban varios asesores militares iraníes y por el temor de que la planta frigorífica sirviera, entre otras cosas, para abastecer posibles misiles tierra-aire (Massé).

Mediante la información incautada por la Policía Nacional de Colombia en la Operación Fénix, se evidenció la intención de las FARC de ahondar los contactos con traficantes de uranio empobrecido, con el fin de enviarlo a Venezuela. En febrero de 2008, el cabecilla del frente 48²⁰ de las FARC, alias ‘Édgar Tovar’, propone a alias ‘Raúl Reyes’ la consecución de material radiactivo por parte del Frente Oriental (Ministerio de Defensa Nacional, 2008, p. 125). Inmediatamente, ‘Reyes’ envía una comunicación al cabecilla del Frente Caribe, alias ‘Iván Márquez’, que reza: “...por estos lados ofrecen 50 kilos de uranio con la posibilidad de conseguir mayor cantidad [...] por lo que me dicen, ese material es costoso. Se me ocurre que Ángel puede tener interés en ese producto para sus amigos de tierras lejanas” (Ministerio de Defensa Nacional, 2008, p. 125).

Las intenciones políticas, militares y financieras de las FARC quedan desveladas en una comunicación del 16 de febrero de 2008 entre el cabecilla del frente 48 y ‘Reyes’: Otro de los temas es lo del uranio, hay un señor que me surte de

19 “The confluence of illicit networks and corruption in an enabling environment could facilitate not only the movement of drugs, arms, stolen or pirated goods, and trafficked persons, but also smuggling of terrorists, weapons of mass destruction (WMDs), WMD materials, and other dangerous weapons and technologies that threaten global security. This trend is particularly powerful when taken in concert with the increasingly blurred line between certain terror groups and the criminal activities that fund them. For instance, organizations such as Hezbollah, Al Qaeda, The Revolutionary Armed Forces of Colombia (FARC), the Taliban, the Kurdistan Worker’s Party (PKK), have been known to engage in criminal enterprises for profit or to advance a terror agenda” (Department of State Bureau of International Narcotics and Law Enforcement Affairs, and Department of Homeland Security U.S. Immigration and Customs Enforcement, 2010).

20 El Frente 48 de las FARC delinque en el departamento de Putumayo, en la frontera con Ecuador. Dentro de sus funciones se encuentran las de fortalecimiento del área estratégica de frontera, narcotráfico y red logística del bloque.

material para el explosivo que preparamos [...] él me mandó el muestrario y las especificaciones y proponen vender cada kilo a 2 millones y medio de dólares y que ellos entregan y miramos a ver a quién se lo vendemos y que sea el negocio con un gobierno para venderle [h]arto. Tienen 50 kilos listos y pueden vender mucho más, tiene el contacto directo con los que tienen el producto. (Ministerio de Defensa Nacional, 2008, p. 125)

La última comunicación entre los dos miembros del Secretariado de las FARC está fechada el 28 de febrero de 2008 (Ministerio de Defensa Nacional, 2008, p. 126), donde queda constatado que el grupo insurgente no consigue comprador para dicho material.

Cabe mencionar que el 26 de marzo de 2008, unidades del Ejército Nacional y de la Policía Nacional, mediante información suministrada por fuente humana, lograron la incautación de 30 kilos de uranio no enriquecido (Ministerio de Defensa Nacional, 2008, p. 127) en la vereda Pasquilla, de la localidad 20 de Bogotá, en la carretera que conduce hacia San Juan de Sumapaz.²¹ Y el 29 de mayo de 2008 la Policía Nacional incautó cinco fuentes de iridio 192 y un contenedor con uranio empobrecido en Bogotá a una empresa que funcionaba de manera ilegal (El Espectador, 2008). De la misma manera, el 31 de agosto de 2008 se incautaron 12 fuentes radiactivas de cesio 137 y 12 de americio berilio, así como 12 densímetros nucleares (El Espectador, 2008) que fácilmente podrían ser utilizados por parte de las milicias del grupo insurgente y de su comité internacional.

Según Estados Unidos, Irán apoyaría no solo a movimientos de izquierda latinoamericanos, sino a grupos terroristas en la región. El Hezbolá, movimiento libanés chiita, clasificado por Estados Unidos como organización terrorista, es conocido por su proximidad con Irán. Según Washington, el Hezbolá tendría una presencia creciente en América Latina (en particular en la triple frontera entre Paraguay, Brasil y Argentina, pero también en Maicao, Colombia) y apoyaría a movimientos terroristas en el continente (Massé, s. f.).

2.7. Conclusiones

El panorama suramericano en materia nuclear se ha venido transformando al compás de los cambios que el entorno global del siglo xx impuso a los

21 Comunicado del Ministerio de Defensa de Colombia, 26 de marzo de 2008.

actores del sistema internacional; por lo tanto, estudiar estos cambios —y sus muchas consecuencias— resulta urgente en un escenario tan cambiante, y a la vez es útil para entender los desarrollos regionales por venir. Aunque no se trata de una región compacta, sí es claro que los asuntos nucleares han tenido protagonistas tradicionales, que han evolucionado en su concepción y manejo de estos temas en la región (Argentina y Brasil), y también actores nuevos, que se han venido involucrando en estas materias de modo muy distinto, en un intento por aprovechar sus ventajas y mejorar su perfil en el balance de poder global.

En este marco se destacan las nuevas alianzas y la llegada de actores nucleares diversos a una zona tradicionalmente dominada por el influjo estadounidense. Aunque no fue objeto de este texto, indagar sobre su relativa disminución de poder en la región, se puede ver cómo el vacío que ha venido dejando tiende a ser llenado por otros jugadores del ajedrez geopolítico y que las tecnologías nucleares han adquirido una resonancia nueva, diferente a la estrictamente militar, y con ello han cambiado también las motivaciones de los Estados de la región.

El ‘club nuclear’ suramericano ha dado giros que han hecho reaccionar a las grandes potencias; por lo tanto, la actualidad está caracterizada por la incertidumbre. El regreso de actores como Argentina y Brasil, la inclusión de Chile y Venezuela en condiciones muy diferentes, la llegada del influjo ruso y la presencia iraní en Suramérica han cambiado, quizá para siempre, el relativamente tranquilo panorama que se respiraba cuando los países del área suscribieron el TNP.

La ambigüedad propia del tratado y sus interpretaciones han complicado mucho los modos en los que se abordan y se desarrollan los programas nucleares en todo el mundo. Existe una delgada frontera entre la adquisición de tecnología para el desarrollo de energía atómica con fines pacíficos y la proliferación nuclear. Los Estados que han obtenido la bomba después de 1967 lo han hecho gracias a la cooperación técnica con las potencias nucleares legítimas, y a partir de programas que en principio eran exclusivamente pacíficos. Los vicios que rodean a las grandes potencias, que se dejan ver en la forma en la que llevan a efecto tratados internacionales, acaban generando mayores peligros, gracias a que permiten que actores con discurso nacionalista y desafiante constituyan una grave amenaza para la seguridad internacional.

El régimen de no proliferación nuclear, al otorgar a todos los países el derecho a dominar la energía nuclear para fines pacíficos, genera una situación de riesgo permanente porque permite a los Estados no nucleares adquirir, en el marco de un programa civil, tecnología capaz de producir el material fisible necesario para una bomba nuclear si un Estado decidiera avanzar hacia esa opción luego de abandonar el Tratado de No Proliferación Nuclear (Merke & Montal, 2010, p. 29).

En este sentido, Suramérica registra en años recientes un nivel muy alto de filtraciones de gobiernos e instituciones que ambicionan parte de sus recursos nucleares y ofrecen a cambio cooperación en programas que modifican intensamente el *statu quo* regional, comprometen la seguridad continental y les permiten actuar con libertad a peligrosas organizaciones al margen de la ley.

Obras citadas

- AIEA. (2011). *Implementation of the NPT safeguards agreement and relevant provisions of United Nations Security Council resolutions in the Islamic Republic of Iran*. Board of Governors AIEA.
- Antena 3. (9 de enero de 2012). *Ahmadineyad visita Venezuela en la primera parada de su gira latinoamericana*. Recuperado de http://www.antena3.com/noticias/mundo/ahmadineyad-visita-venezuela-primer-parada-gira-latinoamericana_2012010900017.html
- Argentina en Noticias. (22 de febrero de 2011). *A fin de año se inaugura Atucha II*. Recuperado de http://www.argentina.ar/_es/pais/C6731-a-fin-de-ano-se-inaugura-atucha-ii.php
- Argüello, I. (2009). *Cooperación nuclear Argentina-Brasil*. Recuperado de <http://npsglobal.org/esp/component/content/article/151-analisis/692-cooperacion-nuclear-argentina-brasil.html>
- Argüello, I. (2010). *La energía nuclear en América Latina: entre el desarrollo económico y los riesgos de proliferación*. Recuperado de <http://npsglobal.org/esp/component/content/article/151-analisis/1101-energia-nuclear-america-latina-desarrollo-economico-riesgos-proliferacion-irma-arguello.html>
- Boureston, J. (2010). Power potential. Brazil's nuclear programme advances. *Jane's Intelligence Review*, 22 (12), 48-53.
- Carasales, J. (2010). Argentina y el submarino de propulsión nuclear: posibilidades legales y políticas en el mundo actual. En C. A. Cari, *Argentina y el submarino de propulsión nuclear. Posibilidades y dificultades* (pp. 7-23). Buenos Aires: Servicio de Hidrografía Naval Artes Gráficas.
- Castro Madero, C. (2010). Factibilidad de construir un submarino de propulsión nuclear en la Argentina. En C. A. Cari, *Argentina y el submarino de propulsión nuclear. Posibilidades y dificultades* (pp. 24-39). Buenos Aires: Servicio de Hidrografía Naval Artes Gráficas.
- Colombia, Ministerio de Defensa Nacional. (2008). *Informe de estrategia internacional de las FARC. Evidencias halladas en los dispositivos técnicos de Raúl Reyes*. Bogotá.
- Comisión Nacional de la Energía Atómica de Argentina. (2006, agosto 23). *Reactivación de la actividad nuclear en la República Argentina*. Recuperado de http://www.cnea.gov.ar/xxi/noticias/2006/ago06/actividad_nuclear.asp
- Delpécha, T. (2007). Le Moyen-Orient de Mahmoud Ahmadineyad. *Politique International* (114), s. d.

- Department of State Bureau of International Narcotics and Law Enforcement Affairs, Department of Homeland Security U.S. Immigration and Customs Enforcement. (2010). *Chair's report: transpacific symposium on dismantling transnational illicit networks*. Washington.
- Dias Gonçalves, O. (2008, noviembre). Brazil: Why go Nuclear? *No-proliferación para la seguridad global*. Recuperado de <http://npsglobal.org/eng/component/content/article/147-articles/312-brazil-why-go-nuclear-odair-dias-goncalves.html>
- El Clarín. (5 de febrero de 2007). La dictadura brasileña le temía al programa nuclear argentino. *ElClarín.com*. Recuperado de <http://old.clarin.com/diario/2007/02/05/elmundo/i-02001.htm>
- El Clarín. (3 de agosto de 2011). Argentina fabrica submarino nuclear. *ElClarín.com*. Recuperado de http://www.clarin.com/opinion/Argentina-fabrica-submarino-nuclear_0_529147112.html
- El Espectador. (29 de mayo de 2008). Incautado material radioactivo. *El Espectador.com*. Recuperado de <http://www.elespectador.com/impreso/bogota/articuloimpreso-incautado-material-radioactivo>
- El Espectador. (31 de agosto de 2008). Incautan 24 fuentes radiactivas en Bogotá y Cali. *El Espectador.com*. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/judicial/articulo-incautan-24-fuentes-radiactivas-bogota-y-cali>
- Gerami, N., & Squassoni, S. (2008, diciembre 18). Venezuela: Un perfil nuclear. *No-Proliferación para la Seguridad Global*. Recuperado de <http://npsglobal.org/esp/component/content/article/151-analisis/423-venezuela-un-perfil-nuclear-nima-gerami-y-sharon-squassoni.html>
- Greenberg, N. (2010). War in pieces: AMIA and the triple frontier in Argentine and American Discourse on Terrorism. *A Contracorriente*, 8 (1), 61-93.
- Hudson, R. (2003). *Terrorist and organized crime groups in the tri-border area (TBA) of South America*. Washington: Federal Research Division, Library of Congress.
- Johnson, R. (1999). *Post-Cold War Security: The Lost Opportunities*. United Nations Institute for Disarmament Research UNIDIR. Recuperado de <http://www.unidir.org/pdf/articles/pdf-art257.pdf>
- Korean Central News Agency. (22 de enero de 2003). *KCNA "Detailed Report" explains NPT withdrawal*. Federation of American Scientists. Recuperado de <http://www.fas.org/nuke/guide/dprk/nuke/dprk012203.html>
- Lafer, C. (2002). *La identidad internacional de Brasil*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

- Levite, A. E. (2003). Never say never again: Nuclear reversal revisited. *International Security*, 27 (3), 59-88.
- Marín Bosch, M. (2007, febrero). El Tratado de Tlatelolco+40. *No-proliferación para la seguridad global*. Recuperado de <http://npsglobal.org/esp/component/content/article/151-analisis/532-el-tratado-de-tlatelolco-40-parte-2-miguel-marin-bosch.html>
- Massé, F. (s. f.). *Irán, América Latina y Colombia*. Centro de pensamiento Estratégico Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia. Recuperado de <http://www.cancilleria.gov.co/footer/strategic/work-documents>
- Mendible, A. (1986). *El ocaso del autoritarismo en Brasil*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Merke, F., & Montal, F. (2010). El programa nuclear de Brasil ante los nuevos incentivos de la sociedad internacional. En K. Der Ghougassian, *Más allá del TNP: las oportunidades y los riesgos del futuro inmediato de la tecnología nuclear* (pp. 35-60). Buenos Aires: Ministerio de Defensa República Argentina.
- Merlos, A. (2009). *La infiltración islamista y la amenaza yihadista en América Latina*. Madrid: Fundación Iberoamérica Europa.
- Noriega, R. F. (2010). *Foreign Policy*. Recuperado de http://www.foreignpolicy.com/articles/2010/10/05/chavez_s_secret_nuclear_program?page=0,1
- Paul, T. V. (2000). *Power versus prudence: why nations forgo nuclear weapons*. Montreal: McGill-Queen's University Press.
- Revista Veja. (28 de junio de 2011). *Petrobras anuncia sua principal descoberta no pré-sal da Bacia de Campos*. Recuperado de <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/petrobras-anuncia-sua-principal-descoberta-no-pre-sal-da-bacia-de-campos>
- Rush, C. (1-15 de septiembre, 2006). Argentina revive su programa nuclear. *EIR, Resumen Ejecutivo*, 22,23.
- Sociedad Angraense de Protección Ecológica (SAPE). (2004). *Programa Nuclear Brasileño de Generación de Energía*. Recuperado de <http://www.taller.org.ar/menu/archivos/Programa%20Nuclear%20Brasil.pdf>
- Verstrynge, J. (2007). *Frente al Imperio. guerra asimétrica y guerra total*. Madrid: Ediciones Akal.

3. La nucleoelectricidad como fuente de energía para el futuro

Jesús Ernesto Villarreal Silva*

3.1. Introducción

Las actuales tendencias en el suministro y empleo de la energía son claramente insostenibles a largo plazo, desde los puntos de vista social, económico y ambiental. Sin acciones drásticas, las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía se duplicarán para el año 2060.

Por otra parte, el aumento de la demanda de petróleo genera crecientes preocupaciones sobre la seguridad de su abastecimiento a partir de depósitos convencionales, lo cual nos obliga a acudir a la explotación de los no convencionales. Por ello debemos —y podemos— cambiar nuestro rumbo actual, pero se requiere una revolución energética mundial, en la que las fuentes de energía con bajas emisiones de carbono tengan un papel crucial.

Dentro de las alternativas energéticas consideradas como parte de la solución, además de las energías renovables, está la energía nuclear. En las próximas décadas, un porcentaje cada vez más alto de la energía será usado para hacer electricidad, por la facilidad con que esta energía denominada secundaria puede manipularse. Es ahí, donde la energía proveniente del núcleo de los átomos de uranio tiene un gran atractivo, pues su empleo primordial es para generar electricidad.

A diferencia de otras fuentes de energía de baja emisión de carbono, como las renovables, la nuclear es una tecnología madura que ha estado en uso durante

* Ingeniero nuclear de la Universidad de Los Andes, en Bogotá, y de Penn State University, en Estados Unidos. Obtuvo sus grados de maestría y doctorado en la misma área en la Universidad de Michigan. Ha sido docente de las universidades del Rosario, Los Andes, Javeriana y Piloto, en Bogotá. Dirigió el Instituto de Asuntos Nucleares en Colombia durante catorce años, luego de lo cual ocupó el cargo de coordinador de Proyectos Regionales de Asistencia Técnica para Latinoamérica y el Caribe en el Organismo Internacional de Energía Atómica (Viena, Austria). Se desempeñó como Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada, donde actualmente está vinculado como docente. Correo: jesus.villarreal@unimilitar.edu.co

más de 50 años y que continúa evolucionando para ofrecer plantas de generación eléctrica más seguras y eficientes. Las bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son uno de los factores que toman en cuenta los países que usan o que están introduciendo la energía nuclear. También incluyen aspectos políticos, como la diversificación de las fuentes de energía, la seguridad en el suministro del combustible¹ y los costos de generación competitivos. Igualmente, para muchos países un factor determinante es el desarrollo tecnológico e industrial que un proyecto nuclear significa, si bien al comienzo cuesta mucho dinero, los subsiguientes proyectos son de más bajo costo.

En este escrito examinamos la situación de la nucleoelectricidad; es decir, el uso del uranio en reactores de fisión nuclear para generar electricidad.

3.2. Estado actual de la generación nucleoelectrica

Luego del accidente nuclear en Fukushima, Japón, causado por un maremoto en marzo de 2011, la generación eléctrica nuclear ha sufrido un alto en algunos países, y una demora en su introducción en otros. Por ejemplo, en Japón todos los reactores fueron apagados luego del desastre y hasta ahora se está reiniciando, de manera escalonada, su operación. Alemania, Bélgica y Suiza optaron por políticas tendientes al desmonte paulatino del empleo de la energía nuclear, mientras que en Italia un referéndum nacional resultó en no apoyar la construcción de nuevas centrales nucleoelectricas. Entre tanto, Egipto, Kuwait y Tailandia pospusieron el inicio de cronogramas para la construcción de su primera central nuclear. Por su parte, Estados Unidos, Europa Occidental, China y Japón adelantaron programas para verificar la seguridad total de sus centrales nucleares, con magníficos resultados.

A pesar de lo anterior, países como Francia y Estados Unidos reiteraron su apoyo a la expansión de la energía nuclear, e Irán se unió al grupo de países que utilizan la nucleoelectricidad. En este momento, China, Rusia y la India lideran la construcción de nuevas centrales nucleares.

De acuerdo con el World Nuclear Industry Status Report (Schneider, 2012) y como consecuencia de las anteriores dificultades, en 2011 la producción eléctrica mundial a partir de la energía nuclear, equivalente a 2518 TWh,

¹ Esto, para los países más avanzados, que pueden desarrollar todo el ciclo del combustible nuclear, mientras que para países como Colombia esto se lograría en el contexto de soluciones regionales patrocinadas por instituciones como el Organismo Internacional de Energía Atómica.

representó solo un 14 % de la electricidad generada en el mundo, cuando en 1993 había llegado a su punto máximo: 17 %.

Según información de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2012), hay 435 reactores en operación, con una capacidad total instalada de 370 GW en 31 países. Seis reactores se encuentran en América Latina, exactamente en Argentina, Brasil y México (tabla 1).

Tabla 1. Reactores nucleares en operación

País	Número de reactores	Capacidad eléctrica total (MW)
Alemania	9	12 068
Argentina	2	935
Armenia	1	375
Bélgica	7	5 927
Brasil	2	1 884
Bulgaria	2	1 906
Canadá	18	12 604
China	16	11 816
Corea del Sur	23	20 671
Eslovaquia	4	1 816
Eslovenia	1	688
España	8	7 567
Estados Unidos	104	101 465
Finlandia	4	2 736
Francia	58	63 130
Holanda	1	482
Hungría	4	1 889
India	20	4 391
Irán	1	915
Japón	50	44 215
México	2	1 300
Pakistán	3	725
Reino Unido	16	9 246
República Checa	6	3 766
Rumania	2	1 300

Continúa

Rusia	33	23 643
Sudáfrica	2	1 830
Suecia	10	9 325
Suiza	5	3 263
Taiwán	6	5 018
Ucrania	15	13 107
Total	435	370 003

Fuente: IAEA (2012).

Un factor muy atrayente de la generación eléctrica nuclear es la alta confiabilidad de las centrales nucleares para operar. La tabla 2 muestra el factor de disponibilidad de energía para periodos anuales, definido como la razón entre la energía que la capacidad disponible suministró a la red durante el periodo anual y la energía que la unidad de referencia podría haber suministrado durante el mismo periodo

Tabla 2. Factor de disponibilidad de energía (promedio ponderado) para todas las plantas en operación en el mundo

País	Número de reactores	Factor de disponibilidad de energía (%)
Alemania	29	82,1
Argentina	2	80,4
Armenia	1	65,5
Bélgica	8	85,4
Brasil	2	69,2
Bulgaria	6	71,1
Canadá	25	75,7
China	14	84,8
Corea del Sur	21	87,6
Eslovaquia	7	78,0
Eslovenia	1	84,5
España	10	83,9
Estados Unidos	117	79,8
Finlandia	4	91,1
Francia	68	76,4

Holanda	2	85,1
Hungría	4	85,0
India	20	59,2
Italia	4	45,8
Japón	58	70,4
Lituania	2	62,5
México	2	81,3
Pakistán	3	48,1
Reino Unido	43	71,4
República Checa	6	80,2
Rumania	2	90,0
Rusia	32	71,4
Sudáfrica	2	71,4
Suecia	12	78,7
Suiza	5	86,8
Taiwán	6	83,8
Ucrania	17	70,5
Total	535	77,3

Fuente: IAEA (2012).

La tabla 3 muestra la antigüedad de los anteriores reactores. En ella encontramos que durante los últimos años se han añadido cerca de 3 GW por año, lo que es bajo si se compara con los 10 a 30 GW por año que se agregaban a mediados de la década de 1980. Además, si tenemos en cuenta que durante la última década se han cerrado plantas con una capacidad total de 1 GW por año, en realidad solo se han adicionado 2 GW por año, durante los últimos años.

Tabla 3. Antigüedad de los reactores en operación

Antigüedad (años)	Núm. de unidades	Total MW	Antigüedad (años)	Núm. de unidades	Total MW
0	2	1920	22	10	10694
1	7	4004	23	11	10242
2	5	3754	24	14	13838

Continúa

3	2	1068	25	21	21235
4	0	0	26	24	24431
5	3	1842	27	32	31862
6	2	1480	28	33	32128
7	4	3662	29	20	15654
8	5	4785	30	18	15578
9	2	1647	31	22	19776
10	6	5095	32	19	14820
11	3	2734	33	6	5647
12	6	3144	34	11	10087
13	4	2841	35	13	9634
14	4	3135	36	13	9884
15	3	3705	37	11	8148
16	6	7030	38	20	13459
17	4	3337	39	13	9122
18	5	4233	40	10	6142
19	9	9070	41	11	5404
20	6	4806	42	4	2423
21	4	3678	43	7	2825
Total: 435 unidades, 370 003 MW					

Fuente: IAEA (2012).

La tabla 4 indica la dependencia de la nucleoelectricidad en los países que generan electricidad a partir del uranio. En Francia, Bélgica y Eslovaquia más de la mitad de su electricidad proviene de esta fuente.

Tabla 4. Dependencia de la nucleoelectricidad en países que utilizan esta fuente de energía

País	Número de reactores	Capacidad eléctrica total (MW)	Electricidad suministrada (GWh)	Contribución nuclear (%)
Alemania	17	20490	102311,20	17,8
Argentina	2	935	5893,81	5,0
Armenia	1	375	2356,84	33,2
Bélgica	7	5927	45942,28	54,0

Brasil	2	1 884	14 794,74	3,2
Bulgaria	2	1 906	15 264,14	32,6
Canadá	18	12 604	88 317,57	15,3
China	16	11 816	82 568,66	1,8
Corea del Sur	21	18 751	147 763,46	34,6
Eslovaquia	4	1 816	14 342,12	54,0
Eslovenia	1	688	5 902,24	41,7
España	8	7 567	55 121,12	19,5
Estados Unidos	104	101 465	790 439,33	19,2
Finlandia	4	2 736	22 265,52	31,6
Francia	58	63 130	423 509,48	77,7
Holanda	1	482	3 917,24	3,6
Hungría	4	1 889	14 706,92	43,2
India	20	4 391	28 947,67	3,7
Irán	1	915	97,98	0,0
Japón	54	46 934	156 182,14	18,1
México	2	1 300	9 313,37	3,6
Pakistán	3	725	3 843,42	3,8
Reino Unido	19	10 170	62 658,05	17,8
República Checa	6	3 766	26 695,64	33,0
Rumania	2	1 300	10 810,98	19,0
Rusia	33	23 643	162 018,13	17,6
Sudáfrica	2	1 830	12 938,54	5,2
Suecia	10	9 326	58 098,43	39,6
Suiza	5	3 263	25 693,89	40,8
Taiwán	6	5 018	40 371,52	19,0
Ucrania	15	13 107	84 893,98	47,2
Total	448	380 149	2 517 980,41	NA

Fuente: IAEA (2012).

3.3. El futuro de la nucleoelectricidad

Según el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2011), el 14 % de la generación eléctrica mundial es de origen nuclear, lo que significa una disminución, en términos porcentuales, en los últimos años. Sin embargo, en 2012, se estaban construyendo 62 nuevas centrales en 14 países, con una capacidad total de 59,25 GW. En China se erigían 26 de esas nuevas centrales, como se muestra en la tabla 5. Es de advertir que algunas de las centrales han estado en construcción durante más de diez años, a causa de demoras de diverso origen sufridas en los proyectos.

Tabla 5. Distribución de la capacidad en construcción

País	Número de reactores	Capacidad eléctrica total (MW)
Argentina	1	692
Brasil	1	1 245
China	26	26 620
Corea	3	3 640
Eslovaquia	2	782
Estados Unidos	1	1 165
Finlandia	1	1 600
Francia	1	1 600
India	7	4 824
Japón	2	2 650
Pakistán	2	630
Rusia	11	9 297
Taiwán	2	2 600
Ucrania	2	1 900
Total	62	59 245

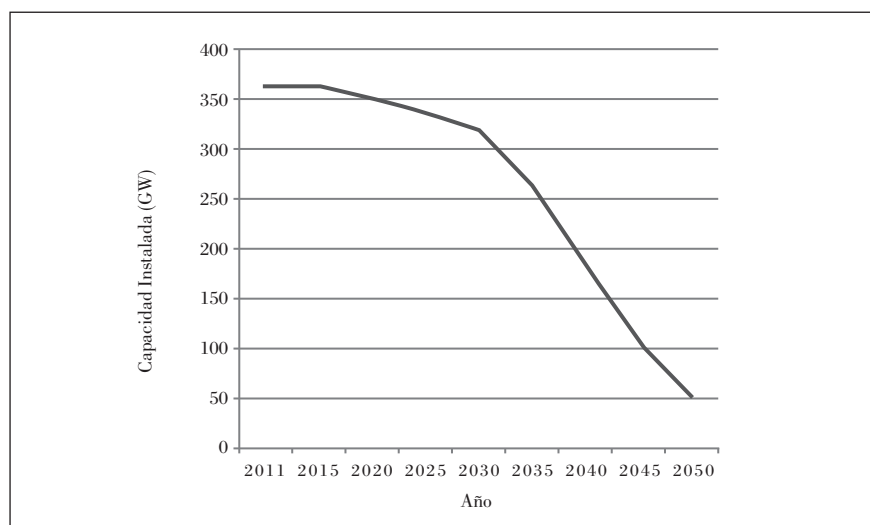
Fuente: IAEA (2012).

Los aumentos logrados en los factores de disponibilidad de los reactores existentes han compensado, en parte, la disminución en el crecimiento de la nueva capacidad nuclear instalada. A la vez, se están realizando acciones para extender la vida útil de los actuales reactores, para que lleguen a generar electricidad durante 55 años o más. De acuerdo con esta extensión,

la figura 1 muestra la evolución de la capacidad disponible a partir de los reactores nucleares existentes en 2011, suponiendo 55 años de vida útil para todos los reactores, excepto los de Estados Unidos, para los que se suponen 60 años. Como se muestra en la figura, habrá un alto número de reactores nucleares que serán retirados en el periodo 2030-2050.

Varios países están adoptando medidas para fomentar la construcción de nuevas centrales nucleares: garantías de préstamos otorgados por los gobiernos, acceso a subsidios, establecimiento de topes a la responsabilidad de los operadores en caso de accidente, entre otras. Estas medidas sirven para mantener o, incluso, aumentar en unos puntos el porcentaje de generación eléctrica mundial de origen nuclear.

Figura 1. Evolución de la capacidad disponible a partir de los reactores nucleares existentes en 2011



Fuente: Nuclear Energy Agency (2012).

Aunque en las décadas recientes el impulso de la expansión eléctrica nuclear ha disminuido de manera importante, hay diferencias marcadas entre regiones y países. En los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que poseen el 83 % de la capacidad eléctrica nuclear instalada en el mundo, pocas centrales están en construcción. Los costos para las nuevas unidades, en Norteamérica y Europa Occidental, permanecen altos y podrían aumentar; en Estados Unidos esto se debe a requerimientos de

seguridad más estrictos y a demoras en la construcción, luego del accidente en la planta de Three Mile Island. Los mayores requerimientos de seguridad y las demoras en la construcción de plantas nucleares pueden volver a ser importantes luego del accidente de los reactores nucleares en Fukushima, en marzo de 2011. En contraste, los costos de construcción de nuevas centrales nucleares son más bajos en Asia oriental y en Rusia, donde se encuentra la mayoría de los reactores en edificación hoy día.

Varios países en desarrollo aspiran a construir una primera planta nuclear, pero buena parte de ellos no poseen los fondos requeridos, ni su sistema eléctrico interconectado tiene la capacidad para aceptar una planta de gran tamaño, como las nucleares que actualmente se construyen en el mundo. Por ello, en los países en desarrollo existe interés en reactores más pequeños, de menor costo y producidos en serie.

3.4. Proyección del crecimiento de la nucleoelectricidad

De acuerdo con datos del 25 de junio de 2012, de la World Nuclear Association, más de 20 países —tanto desarrollados como en vía de desarrollo— están considerando seriamente la inserción de reactores nucleares para la generación eléctrica. Los países más avanzados en esta introducción son los Emiratos Árabes Unidos, Turquía, Vietnam, Bielorrusia, Polonia, Bangladesh y Jordania.

A pesar del alto número de países que están considerando introducir esta fuente de energía, el incremento importante en el uso de la nucleoelectricidad provendrá de países donde ya se ha consolidado como una fuente de energía. Sin embargo, a largo plazo, la urbanización creciente en los países en desarrollo aumentará de manera significativa la demanda por electricidad, en especial la provista por plantas de base, como las nucleares. En estos países, el patrón de demanda de electricidad se asemejará más al observado en Norteamérica, Europa Occidental y Japón.

En el documento *The Role of Nuclear Energy in a Low-Carbon Energy Future* (2012), de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, que emplea datos de otro organismo de la misma organización, la Agencia Internacional de Energía, se predice que la capacidad instalada nuclear para 2050 alcanzará los 1200 GW (llamado ‘escenario Blue Map’), para lo cual se deben alcanzar las siguientes capacidades instaladas: 512 GW en 2020, 685 GW en 2030, 900 GW en 2040

y los 1200 GW en 2050. Para lograrlo, y teniendo en cuenta que un gran número de reactores nucleares construidos en las décadas de 1970 y 1980 (auge en la construcción de centrales nucleares) deberán ser retirados en el periodo 2030-2050, después de haber operado hasta 60 años (figura 1), será necesario construir reactores con una capacidad total de 161 GW de aquí a 2020, 205 GW en la siguiente década, 354 GW en la subsiguiente y 423 GW en el lapso 2041-2050.

Las anteriores expansiones de la nucleoelectricidad significan que de aquí hasta 2020 deberían agregarse reactores nucleares con una capacidad total de unos 16 GW al año; entre 2021 y 2030, 20 GW al año; en la siguiente década, 35 GW anuales, y 42 GW al año en el periodo 2041-2050. Estas metas no serán tan difíciles de alcanzar si se tiene en cuenta que en la década de 1980 se construyeron de hasta 30 GW por año, en un periodo en que la construcción se limitaba a unos pocos países que no incluían a China.

Por supuesto que para alcanzar los anteriores logros hay que considerar una serie de aspectos que conllevan enormes retos: inversión y financiamiento, suministros crecientes para la construcción de las centrales nucleares, disponibilidad de mano de obra calificada, temas relativos a recursos de uranio y del ciclo del combustible nuclear, sitios para el emplazamiento de centrales, administración de desechos radiactivos, estandarización de diseños de las centrales para facilitar el licenciamiento y campañas de aceptación pública de la energía nuclear, entre otros aspectos.

Para dar solo un ejemplo, en relación con las necesidades de inversión y financiamiento, la Agencia Internacional de Energía cuantificó las necesidades relativas a la construcción de los nuevos reactores para llegar a los 1200 GW en 2050, en 3,97 billones de dólares.

En la publicación *The Outlook for Energy: A View to 2040*, de ExxonMobil (2012), se afirma que la población mundial crecerá en los próximos 30 años para llegar a los 9000 millones; además, la India tendrá más habitantes que China y la población de África aumentará en ¡800 millones! Por otra parte, se espera que mientras los países de la OCDE crezcan económicamente a una tasa del 2 % anual, los países por fuera de esa organización lo hagan al 4,5 %.

En cuanto a la demanda por energía, durante los próximos 30 años los países miembros de la OCDE mantendrán esencialmente el nivel actual, mientras que en los países que no son miembros habrá un crecimiento del 60 %. Así mismo, se afirma que la principal causa del crecimiento en la demanda por energía será la necesidad de suplir el aumento desbordado de la electricidad. La demanda

por esta fuente secundaria de energía crecerá el 80 % en el lapso de 30 años, para llegar a representar el 40 % de todo el consumo de energía primaria del mundo, en 2040. Es afortunado que la electricidad pueda generarse a partir de diversas fuentes primarias de energía, como el carbón, los hidrocarburos, el uranio y las energías renovables.

ExxonMobil considera que el empleo de la energía nuclear crecerá a tasas del 2,2 % anual, lo que implica un aumento del 80 % hasta 2040, en relación con la capacidad instalada actualmente. Esto significa llegar a 666 GW, cifra que es mucho más conservadora que la de la Agencia Internacional de Energía Nuclear de la OCDE que, como mencionamos, predice 900 GW para la misma fecha. La meta de la ExxonMobil parece más razonable de alcanzar para 2040, teniendo en cuenta los enormes retos que mencionamos antes para el desarrollo nuclear.

3.5. Desarrollo nucleoelectrico en América Latina

3.5.1. Primeras plantas de generación eléctrica nuclear

Los principales desarrollos de este tipo en la región se hicieron en las últimas tres décadas del siglo pasado, cuando Argentina, Brasil y México construyeron dos plantas nucleares cada uno. En el caso de Argentina, las plantas son del tipo reactores de agua pesada a presión (PHWR, por sus iniciales en inglés), que utilizan uranio natural y agua pesada como moderador y refrigerante. La primera, Atucha I (de 357 MW), diseñada por Siemens sobre el río Paraná, fue inaugurada en 1974. La segunda, Embalse, fue inaugurada en 1984 y se encuentra en la provincia de Mendoza; es de 648 MW, suministrada por Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL).

Brasil construyó dos plantas en un mismo sitio localizado sobre la costa atlántica: Angra I y Angra II, del tipo reactor de agua a presión (PWR, por sus iniciales en inglés), de 657 MW y 1350 MW, respectivamente, suministradas por Westinghouse y Siemens. Son del tipo uranio enriquecido y usan agua normal como moderador y para refrigeración; las plantas se inauguraron en 1985 y 2000, respectivamente.

México adquirió de General Electric dos plantas del tipo reactor de agua en ebullición (BWR, por sus iniciales en inglés), de 654 MW cada una: Laguna Verde 1 y Laguna Verde 2, edificadas en la misma localidad sobre la costa del

Pacífico, e inauguradas en 1989 y 1994, respectivamente; esas dos plantas utilizan uranio enriquecido y son moderadas y refrigeradas con agua natural.

3.5.2. Desarrollos posteriores

En Argentina se construyó una tercera planta del mismo tipo de las anteriores, Atucha II, diseñada por Siemens, de 753 MW. Fue terminada de construir con la cooperación de AECL y entró en operación en 2013. Se proyecta que una cuarta planta, Atucha III, entre en operación hacia 2017; a la vez se construirá una planta más pequeña, tipo Carem (Central Argentina de Elementos Modulares), diseñada en Argentina, a partir de 2014. Esta última había sido diseñada para propulsar un submarino nuclear. Con AECL, la constructora canadiense, se firmó un acuerdo que le da la oportunidad a esta empresa de construir dos reactores CANDU-6 (Canadian Deuterium Uranium-6) de 740 MW.

En Brasil se adelanta la construcción de una tercera planta del tipo PWR, de 1270 MW, Angra III, con la cooperación de Areva, de Francia, que deberá terminarse en 2015. El gobierno —el único que puede poseer plantas de generación eléctrica nucleares— había anunciado la construcción de cuatro plantas adicionales en las siguientes dos décadas. Sin embargo, luego de Fukushima, se pospuso la decisión por un periodo de 18 meses, para incorporar en las nuevas plantas mejoras en la seguridad, como resultado de las lecciones aprendidas de aquel accidente. Con este aplazamiento, para 2015 deberían de estar seleccionados los sitios para construir las nuevas plantas. El 6 de julio de 2013 se lanzó oficialmente el proyecto de construcción del primer submarino nuclear, con la colaboración de Francia, que requerirá la fabricación de un reactor nuclear compacto y pequeño para propulsarlo.

México había anunciado la construcción de cuatro nuevas plantas nucleares, pero los hallazgos de inmensas reservas de gas —que lo ubican en el cuarto lugar en el mundo, luego de China, Estados Unidos y Argentina— y el accidente de Fukushima han hecho que el gobierno anunciara, en noviembre de 2012, que, a cambio de nuevas opciones nucleares, construirá seis plantas eléctricas que consumirán gas y convertirá otras plantas que utilizan petróleo o carbón para que también quemen gas. De esta manera, México espera poder suplir la demanda por electricidad, que se duplicará para 2026. Sin embargo, en la Estrategia Energética Nacional, promulgada en marzo de 2013, se hace alusión a la necesidad de un papel preponderante para la

energía nuclear segura, a mediano y largo plazo; seguramente las próximas unidades se construirían en Laguna Verde.

En el caso de México, Laguna Verde está localizada en un área sísmica, mientras que las plantas nucleares de Argentina y Brasil están en zonas que no lo son.

En Chile, en 2010, el Ministro de Energía había anunciado la construcción de una primera planta nuclear de 1100 MW para empezar operación en 2024, seguida de otras tres, hasta llegar a cuatro unidades en 2035. Para lograr lo anterior se abriría una licitación para una primera planta, por parte de un consorcio público privado en 2016, y se diseñó un plan para el periodo 2012-2018 con el fin de establecer toda la infraestructura necesaria, pues estas plantas reemplazarían el consumo de carbón. Francia manifestó su interés decidido en este programa.

El gobierno del presidente Sebastián Piñera había sido un fuerte impulsor de la introducción de la generación eléctrica nuclear, pero luego de Fukushima el apoyo cayó. Como es conocido, el territorio chileno es objeto de frecuentes terremotos, incluido el más fuerte que se haya registrado en el mundo, de magnitud 9,5. El nuevo ministro de Energía anunció en octubre de 2011 que este gobierno no tomaría una decisión acerca de la introducción de la generación eléctrica nuclear al país.

En Cuba, en 1983 se inició la construcción de dos reactores de 417 MW de origen soviético, moderados y enfriados por agua normal. La construcción fue suspendida en 1992 a causa de los problemas económicos de la Unión Soviética. La reanudación de la construcción no parece posible, luego de que, el 1.º de marzo de 2013, Fidel Castro se pronunciara en contra de la energía nuclear.

El gobierno de Ecuador firmó un acuerdo de cooperación nuclear con Rosatom, de Rusia, en agosto de 2009, con el objetivo de desarrollar un programa de generación eléctrica nuclear, el cual, después de Fukushima, no ha tenido desarrollos.

En 1975, el gobierno de Venezuela dictó un decreto para el desarrollo de la industria nuclear; en septiembre de 2008, el presidente Hugo Chávez dijo estar interesado en el desarrollo de la industria nuclear para propósitos pacíficos, aplicaciones médicas y generación eléctrica. Francia y Rusia manifestaron interés en ayudar a Venezuela en este desarrollo, posiblemente en el estado Zulia. En noviembre de 2008, se firmó un acuerdo de cooperación nuclear con Rusia y acuerdos nucleares complementarios en abril y octubre

de 2010; en el último de estos, se prevé la construcción de dos plantas de 1200 MW cada una. La Asamblea Nacional desarrolló legislación para incluir la opción nuclear.

El 27 de septiembre de 2010, el presidente Chávez afirmó que el proyecto nuclear era de tipo pacífico y que nadie lo pararía. Como una posible respuesta, Colombia abrió el primer Centro de Seguridad Nuclear de América Latina. Sin embargo, luego de Fukushima, el presidente Chávez canceló los planes de construcción de una planta nuclear, aduciendo que es una tecnología de alto riesgo.

En algunos momentos, Perú había manifestado interés en introducir la energía nuclear, lo que ha sido descartado luego de Fukushima.

En junio de 2008, se reportó desde Bogotá el interés de Colombia en aprovechar la energía nuclear. El expresidente Ernesto Samper, en una reunión con inversionistas turcos, expresó: “La energía nuclear es algo sobre lo que estamos pensando [...] el incremento en los precios de los combustibles no nos deja muchas otras alternativas”.

En octubre de 2010, Bolivia anunció que construiría una planta nuclear con la colaboración de Irán. Estos planes fueron cancelados luego de Fukushima.

3.6. Pequeños y medianos reactores para generación eléctrica

En varios países en el mundo existen proyectos destinados al desarrollo de pequeños y medianos reactores de generación eléctrica. Estos equipos son más atractivos que los reactores de 1000 MW o más, que actualmente se construyen, ya que son más seguros, de menor costo, se pueden construir en periodos cortos, sus desechos se administran más fácilmente y ofrecen menos oportunidades para el desvío de materiales de uso bélico, entre otras ventajas.

Los pequeños y medianos reactores tienen potencias de hasta 300 MW. En la publicación *Status of Small and Medium Sized Reactor Designs*, del Organismo Internacional de Energía Atómica (2012), se muestran 30 reactores en desarrollo, incluidos dos que se adelantan en América Latina.

3.6.1. Central Argentina de Elementos Modulares (Carem)

El propósito de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina es desarrollar, diseñar y construir una pequeña planta modular de generación

eléctrica nuclear, innovadora y sencilla. Es un reactor nuclear del tipo PWR con características propias que simplifican el diseño y apoyan la meta de alcanzar niveles de seguridad más altos. El concepto del Carem fue presentado en 1984 durante una conferencia del Organismo Internacional de Energía Atómica sobre pequeños y medianos reactores. Fue uno de los primeros diseños de reactores de nueva generación. El próximo paso del proyecto es la construcción de un reactor de 100 MW(t), reconocido como un reactor realizable a corto plazo por el Generation IV International Forum (GIF), en septiembre de 2010.

3.6.2. El reactor de cama fija

El reactor de cama fija o *fixed bed nuclear reactor* (FBNR) es un reactor modular de 70 MW que no requiere adiciones de combustible mientras está operando. Es un reactor de agua normal con elementos combustibles de forma esférica encerrados en una cámara de combustible que ensambla el fabricante. La cámara será recibida por el proveedor de la misma, al final de un largo ciclo de uso y puede ser usada como fuente de irradiación en la industria, la medicina o la agricultura. El reactor fue diseñado por la Universidade Federal do Rio Grande do Sul, de Brasil, en cooperación con varios grupos de investigación internacionales. Su diseño es simple, inherentemente seguro, su enfriamiento es pasivo, no favorece la proliferación de armas nucleares y produce un bajo impacto ambiental. Su desarrollo deberá beneficiarse de la investigación hecha para el desarrollo de otro reactor, el de lecho fluidizado.

3.7. Colombia y la nucleoelectricidad

La introducción de un primer proyecto nuclear al Sistema Interconectado Nacional colombiano requiere que el país se prepare con anterioridad durante cerca de una década. Esto, a pesar de que Colombia ya cumple con dos de los considerados requisitos: tamaño de la red interconectada y el haber operado un reactor nuclear de investigación.

En el lapso indicado, el gobierno debe: establecer políticas claras y coherentes en relación con la energía nuclear, como parte de una estrategia nacional para cumplir con la política energética y los objetivos ambientales; consolidar una autoridad de regulación nuclear fuerte que opere en el marco de unas normas de regulación y licenciamiento claras y razonables, como

requisito para el lanzamiento de un programa nuclear; suscribir convenios y acuerdos internacionales relacionados con la seguridad de las plantas nucleares, la responsabilidad en caso de accidentes, la gestión de los residuos y la aplicación de salvaguardias; conseguir una buena aceptación de la energía nuclear por parte del público, adelantando una campaña que muestre los pros y los contras de esta energía; definir un régimen especial que haga atractivo invertir en plantas nucleares, considerando para ello el establecimiento de subsidios, garantías de préstamos, exenciones de impuestos, etc.; capacitar personal en temas de generación eléctrica nuclear y en el ciclo del combustible nuclear, para lo cual se requiere un esfuerzo importante por parte de las universidades, para poder fortalecer con capital humano el grupo que estudie la variedad de tecnologías disponibles para las plantas nucleares, la autoridad de regulación nuclear, el gobierno, la industria y, más tarde, la operación de una planta nuclear; y propiciar la mejora de las capacidades industriales del país mediante el establecimiento de alianzas con empresas extranjeras proveedoras de plantas nucleares.

Por todo lo anterior, si Colombia va a aprovechar la opción nuclear en aproximadamente 20 años (la construcción de una planta tomará al menos seis años), debe empezar a tomar medidas consecuentes desde ahora.

Obras citadas

- ExxonMobil. (2012). *The outlook for energy: a view to 2040*. Recuperado de http://www.exxonmobil.com/Corporate/files/news_pub_eo.pdf
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2011). *Status of small and medium sized reactor designs*. Recuperado de <http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloads/Technology/files/SMR-booklet.pdf>
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2012). *Power Reactor Information System*. Recuperado de <http://www.iaea.org/pris/>
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2012). *Global Energy Assessment. Toward a sustainable future. Key findings, summary for policymakers, a technical summary*. Austria. Recuperado de <http://www.iiasa.ac.at/Research/ENE/GEA/doc/GEA-Summary-web.pdf>
- Nuclear Energy Agency (NEA). (2012). *The role of nuclear energy in a low-carbon energy future*. No. 6887. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico Recuperado de <http://www.oecd-neo.org/nsd/reports/2012/nea6887-role-nuclear-low-carbon.pdf>
- Schneider, M., Froggatt, A., & Hazemann, J. *The world nuclear industry status report 2012*. Recuperado de <http://www.worldnuclearreport.org/img/pdf/2012msc-WorldNuclearReport-EN-V2-LQ.pdf>
- World Nuclear Association. (2012). *Emerging nuclear energy countries*. Recuperado de <http://www.world-nuclear.org/info/inf102.html>



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

PLAN



Proyecto
Latinoamericano de
Asuntos Nucleares